This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Digitized by Google

BINDER 73 GEORGE ST EUSTON SQ.

Per 1996 d 469

Digitized by Google

RADCLIFFE LIBRARY
UNIVERSITY
16 OCT
OXFORD

Digitized by Google

T. BINDER 73 GEORGE ST EUSTON SQ.

Per 1996 d 469

Digitized by Google

RADCLIFFE LIBRARY
UNIVERSITY
16
OXFORD

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

# REVUE

DES

# COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

COLLÉGE DE FRANCE
MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE — SORBONNE — ÉCOLE DE PHARMACIE
FACULTÉ DE MÉDECINE — SOCIÉTÉS SAVANTES.
FACULTÉS DES DÉPARTEMENTS — UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES
SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE ET DES VILLES DE PROVINCE
CONFÉRENCES LIBRES

DEUXIÈME ANNÉE

RADCLIFFE LIBRARY
UNIVERSITY
16 82
MUSEUM
OXFORD

PARIS
GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR
17, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 17

Londres
Hipp. Baillière, 219, Regent street.

New-York
Baillière brothers, 440, Broadway.

Madrid
C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALFONSO, 16.

1864-1865

Digitized by Google

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 1. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 3 DÉCEMBRE 1864.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique appliquée à l'histoire naturelle.** — Cours de **M. Becquerel** : I. Intervention des forces physiques dans les phénomènes de la nature organique et inorganique.

ÉCOLE DE PHARMACIE. — **Botanique.** — Cours de **M. Chatin** : Anatomie végétale élémentaire.

ÉCOLE DES MINES. — **Minéralogie.** — Cours de **M. Daubrée** : Histoire de la minéralogie.

FACULTÉ DES SCIENCES. — **Physiologie générale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : Des mouvements réflexes.

CHRONIQUE.

Paris, le 2 décembre 1864.

En inaugurant la seconde année de la *Revue des cours scientifiques*, nous devons expliquer brièvement à nos lecteurs la marche que nous comptons suivre, et les principes qui dirigeront nos choix.

Nous nous efforcerons de donner au public une idée suffisante de l'ensemble du haut enseignement français et étranger, sans oublier jamais les besoins spéciaux que nous avons surtout pour mission de satisfaire.

Nous choisirons donc pour chaque science un cours que nous donnerons *intégralement* et *sans aucune interruption*. Puis autour de ce centre viendront se grouper les leçons les plus remarquables faites sur les mêmes matières à Paris, dans les départements ou à l'étranger. Nos lecteurs pourront donc tout à la fois s'initier à une science qui leur était encore peu connue, et suivre les nouveaux progrès de cette science en étudiant les théories et les travaux les plus récents exposés par leurs auteurs mêmes. Pour mieux remplir cette seconde partie de notre tâche, nous sortirons souvent de l'enseignement universitaire régulier, et, sans parler des leçons que nous font espérer les professeurs des départements et de l'étranger, nous nous adresserons aux conférences de la Société chimique, aux soirées scientifiques de la Sorbonne, et aux séances de l'Académie des sciences ou des autres Sociétés savantes, dont chaque numéro contiendra désormais un compte-rendu.

Ainsi, dans les sciences physiques, nous publierons en entier le cours de chimie de M. Riche, le cours de physique de M. Becquerel, et des leçons de MM. Wurtz, Berthelot, Payen, Liebig, H. Sainte-Claire Deville, Boutan, Palmieri, de Luca, etc. Notre prochain numéro contiendra notamment une leçon de M. Palmieri sur l'*électricité atmosphérique*, et une conférence faite à la Société chimique par M. Henri Sainte-Claire Deville sur *les dissociations* à une haute température, avec une note sur de nouveaux travaux relatifs au même sujet, communiquée cette semaine à l'Académie des sciences par le savant professeur.

Pour la botanique, nos lecteurs auront aussi en entier le cours de M. Chatin sur l'anatomie et la physiologie végétale, et nous espérons leur donner en été le cours de M. Brongniart sur les classifications.

Les sciences naturelles obtiendront une place en rapport avec l'importance de plus en plus grande qu'elles acquièrent tous les jours. Nous donnerons donc intégralement les cours d'anatomie comparée de M. Serres, et d'embryogénie comparée de M. Coste, ceux de physiologie générale et de physiologie comparée de MM. Claude Bernard et Vulpian; puis le cours de zoologie de M. Gratiolet, avec des leçons de MM. Milne Edwards, de Quatrefages, Paul Gervais, Robin, Daremberg, et de plusieurs savants distingués d'Allemagne, d'Italie et



Digitized by Google

d'Angleterre. Enfin, nous publierons également le cours si remarquable fait au collége de France par M. Claude Bernard, sur la physiologie et la médecine expérimentale.

Voilà, dans ses traits principaux, un aperçu rapide de notre programme. Il nous reste à expliquer le sens et la portée du bulletin scientifique que nous commençons aujourd'hui. Ce bulletin a pour but de tenir nos lecteurs au courant de tous les événements scientifiques de la semaine, quels qu'ils soient; de relier entre elles, et d'apprécier même à l'occasion les diverses leçons composant chaque numéro. Il contiendra régulièrement un compte rendu des séances de l'Académie des sciences, ainsi que de l'Académie de médecine, de la Société de chirurgie, de la Société chimique et des autres Sociétés savantes, toutes les fois que les discussions y auront présenté un intérêt véritable pour la majorité de nos lecteurs.

Ceci dit, nous entrons tout de suite en matière.

L'Académie des sciences a reçu lundi dernier plusieurs communications importantes. La première est celle de M. Henri Sainte-Claire Deville relative à de nouveaux travaux que ce savant vient d'exécuter sur les *dissociations* des corps composés à une haute température. Nous publierons dans notre prochain numéro la note qu'il a remise à l'Académie, en même temps qu'une conférence faite par lui à la Société chimique, et dans laquelle il expose l'ensemble de ses travaux, les idées qui y ont présidé, et les conséquences théoriques qu'il en a déduites.

M. Claude Bernard a présenté un travail de M. Faivre, professeur à la Faculté de Lyon, relatif à l'influence de quelques plantes aromatiques, absinthe, balsamique, tanaisie, sur les insectes, et notamment les vers à soie. M. Faivre opérait en même temps sur des insectes sains et sur des insectes malades; il les déposait dans une boîte au-dessus des substances aromatiques expérimentées, mais en interposant une couche de feuilles de mûrier, de manière à éviter le contact. Les insectes sains résistaient mieux que les malades; ils finissaient cependant par succomber aussi. Ces plantes aromatiques exercent donc véritablement une action toxique; mais en diminuant progressivement la dose, M. Faivre est arrivé à leur faire produire une simple influence excitante. Il s'est alors installé dans une magnanerie pour continuer ses expériences plus en grand, et il a pu constater que l'action de ces plantes exagérait notablement toutes les sécrétions, et par suite accélérait le filage des cocons. La tanaisie empêchait les vers à soie de manger; mais la balsamique et l'absinthe ne produisaient point cet effet.

Enfin, M. Balard a présenté un travail de M. Berthelot sur la décomposition de l'acide formique.

Parmi les autres communications, nous ne citerons plus qu'une note de M. Paul Gervais, correspondant de l'Institut à Montpellier, sur l'anatomie comparée des cétacés des côtes françaises méditerranéennes.

Dans une séance précédente, l'Académie avait nommé une commission composée de MM. Claude Bernard, Rayer et Velpeau, pour examiner les expériences du docteur Remak, de Berlin, sur l'application du courant constant au traitement des névroses. Sur la demande de M. Velpeau, on a adjoint M. Edmond Becquerel à cette commission, qui a déjà reçu divers documents importants. M. Remak fait en ce moment à la Charité des conférences très-suivies, que nous publierons dès le prochain numéro. On trouvera, du reste, dans la *Chronique*, une note relative à ces conférences.

Les cours du Collége de France ouvriront lundi prochain, et nous en donnons le programme dans la *Chronique*, en même temps que de ceux de la Faculté des sciences.

Les soirées scientifiques de la Sorbonne recommenceront le même jour; elles auront lieu le vendredi de chaque semaine.

Voici l'ordre de ces conférences jusqu'à la fin de janvier :

9 décembre. — M. Milne Edwards, doyen de la Faculté des sciences, directeur suppléant du Muséum, membre de l'Institut. — Instinct et intelligence des animaux.

16 décembre. — M. Boutan, professeur de physique au lycée Saint-Louis. — Conservation des liquides en vapeur.

23 décembre. — M. Payen, membre de l'Institut. — L'éclairage au gaz.

6 janvier. — M. Fernet, professeur de physique au lycée Bonaparte. — La photographie.

13 janvier. — M. Wurtz, professeur à la Faculté de médecine. — De l'eau.

20 janvier. — M. Gratiolet, professeur à la Faculté des sciences. — De la physionomie.

27 janvier. — M. Jamin, professeur à la Faculté des sciences et à l'École polytechnique. — De l'aimant.

Nous rendrons compte de toutes ces conférences.

Émile Alglave.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### PHYSIQUE APPLIQUÉE A L'HISTOIRE NATURELLE.

COURS DE M. BECQUEREL
(de l'Institut).

I.

**Intervention des forces physiques dans les phénomènes de la nature organique et de la nature inorganique. — Propriétés générales des corps.**

Ce cours comprendra l'étude de toutes les forces physiques qui président à la constitution moléculaire des corps et qui interviennent concurremment avec les affinités dans les actions chimiques. Du concours de ces forces résulte une foule de phénomènes qui sont du domaine de la physique appliquée.

Digitized by Google

Les forces qui attireront plus particulièrement notre attention sont : 1° la *pesanteur*, 2° la *chaleur*, 3° la *lumière*, 4° et enfin l'*électricité*.

## DE LA PESANTEUR.

La *pesanteur* est une force qui agit à distance sur deux corps, quelles que soient leur nature et leur forme, en raison inverse du carré de la distance et proportionnellement aux masses.

C'est elle qui attire tous les corps à la surface de la terre. Quand elle agit à de grandes distances, on lui donne le nom de *gravitation*. Mais quand elle s'exerce à des distances infiniment petites, elle devient *force d'agrégation* et produit l'*attraction moléculaire*.

L'*attraction moléculaire*, comme son nom nous l'indique, s'exerce entre les molécules similaires du corps; quelquefois elle agit aussi sur les molécules de différents corps, comme cela a lieu dans l'*attraction capillaire;* quand les corps sont dissemblables, et peuvent être réduits à leurs principes élémentaires, il en résulte des phénomènes d'un autre ordre, des réactions et des combinaisons dont l'ensemble constitue la chimie.

L'attraction moléculaire et l'affinité chimique sont donc deux forces essentiellement différentes; mais il existe entre elles des rapports qui sont du domaine de la physique. On peut citer comme exemple l'influence des masses, dont Berthollet a si bien fait ressortir l'importance dans la statique chimique; mais avant d'examiner la part d'influence que ces forces apportent aux diverses branches des sciences naturelles et à la chimie, nous passerons rapidement en revue la formation des corps et leurs propriétés générales, sans nous arrêter toutefois sur les principes trop simples.

Les corps sont formés de parties élémentaires impondérables appelées *atomes*, dont on admet l'existence comme pouvant servir à représenter parfaitement leur composition; l'existence de ces atomes est donc purement théorique, et ils ont été imaginés pour satisfaire à toutes les exigences de la science. Ces atomes, en se groupant, donnent naissance aux molécules constitutives.

Dans la nature inorganique, les diverses particules se groupent entre elles sous l'influence des deux forces que nous avons citées plus haut, l'attraction moléculaire et l'affinité; mais dans la nature organique, il en existe d'autres essentiellement propres aux tissus des animaux et des végétaux, et dont l'ensemble constitue ce que l'on est convenu d'appeler la *force vitale*, dénomination vague, qui indique seulement que ces forces n'agissent que sous l'empire de la vie et cessent avec elle. A ce moment, les corps organisés rentrent dans le règne inorganique. Néanmoins il est extrêmement intéressant de suivre le rôle important que jouent les forces physiques et chimiques dans l'acte de la vie.

Dans la digestion, par exemple, c'est à l'action chimique qu'il faut attribuer la plus grande part d'influence; mais elle cesse très-rapidement après la mort. Cependant Carswell ayant détaché l'estomac d'un lapin récemment tué, a vu la digestion continuer encore quelque temps : puis la membrane fut détruite.

Dans la circulation du sang, c'est une force mécanique puissante résidant dans le cœur qui imprime au sang l'impulsion initiale, et lui fait ainsi parcourir les vaisseaux. L'origine de cette force, c'est une influence nerveuse; et, en effet, si l'on détruit les centres nerveux encéphalo-rachidiens, le cœur cesse de battre et la circulation s'arrête.

Le physicien doit se borner à indiquer les moyens les plus simples pour observer au milieu des phénomènes vitaux l'influence des forces physiques, ainsi que la modification qu'elles éprouvent sous l'influence de la vie.

Revenons maintenant à la constitution moléculaire des corps.

Les corps inorganiques simples et composés sont formés, comme nous l'avons dit, d'atomes qui, en se groupant de certaines façons, produisent les molécules *intégrantes* ou *constitutives :* ces molécules elles-mêmes, en se superposant symétriquement, produisent les cristaux.

En admettant l'existence des atomes, on doit supposer que leur forme est sphérique, car c'est celle que prend la matière quand elle n'est plus soumise à d'autres forces qu'à celles qu'elle porte en elle-même.

M. Plateau a démontré ce fait d'une manière assez ingénieuse, en introduisant, au moyen d'une pipette, une goutte d'huile d'olive au milieu d'un liquide possédant exactement la même densité; il y est parvenu avec un mélange d'eau et d'alcool dans certaines proportions. Soustraite ainsi aux effets de la pesanteur, la goutte d'huile reste suspendue au milieu du liquide et prend une forme parfaitement sphérique.

Les corps organisés sont constitués différemment : leurs parties ne sont plus similaires, puisqu'ils sont formés d'organes remplissant chacun des fonctions spéciales. Les animaux paraissent avoir pour molécules constitutives des globules plus ou moins sphériques et de grosseurs très-variables; les végétaux, des *cellules* ou *utricules* de différentes formes. Il n'est donc pas possible de confondre à ce point de vue un être organisé avec un corps inorganique.

Tout récemment, M. Graham, dans un travail très-intéressant, a divisé les corps inorganiques en deux groupes : les *cristalloïdes* et les *colloïdes;* les premiers qui ont la faculté de cristalliser, les seconds qui restent toujours à l'état gélatineux ou amorphe.

Si nous cherchons au moyen du microscope à examiner les diverses molécules des corps organisés et des corps inorganiques, nous trouvons encore de nouvelles différences entre elles avec ce mode d'observation. La petitesse des molécules inorganiques nous empêche complétement de les apercevoir, quelque soit le grossissement du microscope; mais leur groupement progres-

Digitized by Google

sif nous permet de remonter par la pensée à la molécule primitive.

Chez les animaux et chez les végétaux, au contraire, le microscope nous permet de distinguer et d'étudier les molécules intégrantes. Le sang, par exemple, est constitué par un liquide particulier, le *sérum*, au milieu duquel flottent une infinité de petits globules. Ce fut Malpighi qui fit le premier cette découverte, vers 1660.

Ces globules sont sphériques chez l'homme et chez tous les mammifères; ils sont elliptiques chez les oiseaux et les poissons.

Leur grosseur est aussi très-variable, suivant les espèces. Chez le callitriche d'Afrique, leur diamètre est de $\frac{1}{125}$ de millimètre; chez la chèvre, il est de $\frac{1}{380}$ : ce sont les plus petits globules que l'on connaisse. Les globules du sang de l'homme ont un diamètre constant de $\frac{1}{150}$ de millimètre.

M. Milne Edwards fils a trouvé récemment chez certains batraciens des globules dont le diamètre était de $\frac{1}{25}$ de millimètre.

Ces globules ne sont autre chose que des molécules organiques, et ils contribuent à la formation des tissus.

Les végétaux, comme nous l'avons dit plus haut, ont des molécules différentes de celles des animaux : tantôt ce sont des cellules ou utricules, dont la forme est polyédrique et ressemble généralement à un dodécaèdre pentagonal; tantôt ce sont des fibres ou des vaisseaux. Ces diverses parties élémentaires sont remplies de substances également très-variables, solides, liquides ou gazeuses, qui concourent au développement des végétaux, grâce à un phénomène particulier d'endosmose.

Revenons maintenant à la constitution des molécules inorganiques. Les atomes étant supposés sphériques ne sont en contact que par un seul point de leur surface, d'où il résulte des interstices nombreux et dont on constate facilement l'existence. C'est une propriété des corps que nous examinerons plus tard, et que l'on nomme la *porosité*.

Un atome d'un élément peut se combiner avec un, deux, trois atomes d'un autre élément, mais on ignore jusqu'où peut aller le nombre de ces éléments. On a avancé cependant qu'il ne pouvait dépasser le nombre douze, en raison de la forme sphérique des atomes. Ce nombre est en effet le nombre extrême de sphères d'un même diamètre que l'on peut mettre autour d'une sphère centrale pour l'entourer de toutes parts. Cette conjecture deviendrait une vérité si la forme sphérique des atomes était mise hors de doute.

Au reste, on ne connaît pas dans le règne inorganique de molécule aussi complexe, et cela se comprend assez facilement en remarquant que les affinités diminuent à mesure que les molécules deviennent plus composées.

### DE L'ÉTENDUE.

Tout corps occupe une certaine partie de l'espace, et cette étendue est limitée par des plans ou par des surfaces courbes. On peut se demander, dès lors, si les espaces célestes ont une étendue limitée ou infinie.

S'ils ne sont pas infinis, l'esprit ne peut en concevoir les limites; et s'ils sont infinis, l'esprit le conçoit encore moins. On peut cependant se rendre compte de leur immensité, en considérant la distance de la terre au soleil et aux autres planètes. Mais cette distance n'est elle-même que très-peu de chose, si on la compare à celle des étoiles, fût-ce les plus rapprochées.

D'après Herschel, l'intervalle qui nous sépare de l'étoile la plus rapprochée de la terre est égale à 200 000 fois la distance du soleil à la terre. Enfin, il est des étoiles dont la lumière met des siècles à arriver jusqu'à nous, et l'on sait que cet agent parcourt près de 80 000 lieues par seconde. Ces distances nous donnent encore une bien faible idée de l'immensité de l'espace.

Jetons maintenant les yeux sur l'infiniment petit, Newton a calculé l'épaisseur des bulles de savon; il l'a trouvée souvent de $\frac{1}{10\,000}$ de millimètre, et enfin, quand, avant qu'elles éclatent on aperçoit une tache noire à leur surface, il a trouvé qu'à ce point l'épaisseur ne dépassait pas $\frac{1}{100\,000}$ de millimètre.

Les ailes transparentes de certains insectes ont une épaisseur de même ordre.

Le phénomène des anneaux colorés nous donne encore une idée de couches d'air d'une épaisseur infiniment petite. Ainsi, le rouge extrême correspond à une épaisseur de $0^{mm},000161$, et le violet extrême à $0^{mm},000101$.

Enfin, on découvre dans les infusions, au moyen du microscope, des animaux parfaitement vivants et aussi petits que les globules du sang : ce sont les *infusoires*. C'est à des animaux plus petits encore et répandus partout dans l'air que l'on attribue la cause des maladies épidémiques qui affectent certaines contrées durant les grandes chaleurs. Les miasmes paludéens sont de cette nature, et bien plus, ils sont insaisissables.

Comme dernier exemple de corps d'une finesse remarquable, nous pourrons encore citer le diamètre des brins de soie et de laine :

| | Diamètre en millimètre. |
|---|---|
| Laine ordinaire. . . . . | 5/100 |
| Mérinos. . . . . | 2/100 |
| Soie. . . . . | 1/100 |

Le castor et l'hermine viennent se placer entre le mérinos et la soie.

Ces exemples divers nous conduisent tout naturellement à parler de la *divisibilité* de la matière, c'est-à-dire cette propriété qu'elle possède de pouvoir être divisée en parties qui sont souvent d'une ténuité extrême. Tout le monde connaît le pouvoir colorant du carmin : un gramme suffit pour rougir 3 litres d'eau. Le musc en est

Digitized by Google

encore un exemple non moins frappant : 5 centigrammes de musc ont été abandonnés pendant trois ans dans un flacon ouvert, et au bout de ce temps l'odeur du musc était encore aussi forte. Cependant la divisibilité de la matière est-elle indéfinie ?

Elle s'arrête à la molécule intégrante du corps. C'est là le terme de la division mécanique. Si l'on veut aller plus loin, il faut recourir aux affinités.

Quant aux atomes, ils ne sont pas divisibles, car s'ils l'étaient, ils cesseraient par cela même d'exister. Cette hypothèse satisfait, du reste, à tous les besoins de la science. Il est cependant difficile d'admettre qu'un corps simple, si petit qu'on le suppose soit, soit indivisible : c'est ce qui a fait dire à un philosophe anglais que la matière n'existe pas, et qu'elle est le résultat d'un mouvement vibratoire.

Passons maintenant à la *porosité*.

Cette propriété est une conséquence de la constitution même des corps, composés, comme nous l'avons déjà dit, de molécules qui ne sont en contact que par quelques points de leur surface, et qui laissent par conséquent entre elles des espaces vides auxquels on a donné le nom de *pores*.

Il existe deux espèces de pores doués de propriétés bien différentes : les pores physiques, qui sont invisibles même à l'œil armé du plus puissant microscope, et où s'opèrent les actions moléculaires ; puis les pores sensibles que l'œil distingue nettement, et dans lesquels les forces moléculaires n'ont aucune action. Les pores physiques ne laissent passer que les agents impondérables, et les pores sensibles que les liquides ou les gaz. Les phénomènes de dilatation et de contraction dépendent de la constitution des pores physiques et de l'action de la chaleur sur les molécules ; ceux d'exhalation et d'absorption sont produits dans les pores sensibles. Nous ne parlerons que de ces derniers, et voici les expériences à l'aide desquelles on peut en démontrer l'existence.

1° Passage du mercure à travers une peau de chamois ou à travers un morceau de bois; cette dernière expérience se fait au moyen d'un tube de verre très-résistant, que l'on ferme d'un côté au moyen d'une rondelle de bois, même du bois le plus dur.

On recouvre cette rondelle de mercure, et quand on fait le vide dans le tube, on voit ce mercure, poussé par la pression atmosphérique, traverser le bois et tomber dans le tube sous forme de pluie.

2° Imbibition de l'eau dans les éponges.

3° Passage de l'hydrogène à travers une feuille de papier : on le rend sensible en enflammant l'hydrogène de l'autre côté de la feuille.

L'expérience des académiciens de Florence, qui remonte à 1661, montre nettement la porosité de l'or : ils avaient enfermé de l'eau dans une sphère d'or hermétiquement fermée au moyen d'une vis; en soumettant cette sphère à une pression considérable, ils virent l'eau suinter à travers la sphère, sous forme de rosée.

La porosité de l'eau est aussi démontrée par la présence de l'air retenu dans les intervalles moléculaires de ce corps. Cette propriété de l'eau est même d'une importance capitale quand elle doit entrer dans l'alimentation.

Enfin chacun sait que le charbon a la propriété d'absorber des liquides, et même des gaz, en assez grande quantité. Ce pouvoir absorbant du charbon varie beaucoup avec la nature des substances qui l'ont produit.

La pulvérisation facilite, en général, l'absorption; mais si on la pousse trop loin, et presque jusqu'à la destruction des pores physiques, on détruit par cela même la porosité.

La *compressibilité* est cette propriété que possèdent certains corps de pouvoir être réduits à un volume moindre par la pression : elle est due à la porosité. Les corps les plus poreux sont aussi les plus compressibles, pourvu toutefois qu'ils possèdent la flexibilité; la ponce fait exception à ce principe.

Comme exemples de corps compressibles, on peut citer les matières végétales et les gaz. On démontre cette propriété dans les gaz au moyen du tube de Mariotte. Quand on opère sur des gaz simples, on peut, dans certains cas, arriver à les liquéfier ; si l'on opère sur un mélange de gaz, oxygène et hydrogène par exemple, on peut arriver à les combiner ensemble et à former de l'eau : cette combinaison s'effectue avec un dégagement de chaleur considérable.

Les liquides eux-mêmes sont compressibles, mais à un très-faible degré. Cette propriété a été mise en évidence pour l'eau par Œrsted, à l'aide d'un appareil nommé *piézomètre ;* cette question fut ensuite étudiée par MM. Colladon et Sturm.

### DE L'ÉLASTICITÉ.

C'est la propriété en vertu de laquelle un corps ayant perdu sa forme primitive par l'effet d'une force mécanique, y revient en effectuant une suite d'oscillations isochrônes, pourvu, toutefois, que cette force mécanique ne dépasse pas une certaine limite, au delà de laquelle les corps perdent leur élasticité, les molécules ayant été forcées, c'est-à-dire amenées hors de leur sphère d'action. Les gaz sont doués d'une parfaite élasticité, ainsi que les liquides.

La propagation du son dans les corps, et même dans les corps solides, démontre leur élasticité. Cependant les corps solides ont une élasticité généralement beaucoup moindre que les gaz et les liquides. Le marbre, le verre, le caoutchouc ont une élasticité très-apparente, tandis que cette propriété est à peine sensible dans le plomb, les argiles, etc.

On démontre généralement l'élasticité d'une bille d'ivoire en la laissant tomber d'une certaine hauteur sur un plan de marbre que l'on a eu soin de recouvrir d'une couche d'huile très-légère. La bille, en tombant, s'aplatit, et revient tout de suite à sa forme primitive ; mais la

Digitized by Google

preuve de son aplatissement est donnée par une empreinte circulaire laissée sur le marbre, et qui est d'autant plus grande que la bille est tombée de plus haut.

On peut augmenter l'élasticité de certains corps, et surtout des métaux, par certaines opérations particulières, surtout l'*écrouissage* et la *trempe*. La trempe consiste à faire passer un corps ayant une température élevée à une température plus ou moins basse, et cela plus ou moins rapidement; aussi opère-t-on la trempe dans divers liquides, le mercure, l'eau, la graisse fondue, etc., suivant le degré de trempe que l'on veut obtenir.

Les *larmes bataviques* résultent du refroidissement brusque du verre fondu que l'on projette dans l'eau froide; le verre étant mauvais conducteur de la chaleur, les parties extérieures se refroidissent les premières, et les molécules intérieures se trouvent dans une sorte de tension forcée que le moindre choc détruit aussitôt : les larmes volent alors en éclats; souvent même elles sont réduites en poussière.

On pourrait encore citer le soufre qui, lorsqu'il a été fondu au-dessus de 260 degrés, et projeté vivement dans l'eau froide, reste pendant quelque temps à l'état mou et élastique, ce qui permet d'en faire des médailles; mais cet état n'est que passager, avec le temps, le soufre reprend sa couleur et sa dureté normales.

Les vents produisent des effets semblables à l'égard de certaines plantes. On a observé que, lors des ouragans, les arbres des régions venteuses résistent mieux et sont moins facilement déracinés que ceux des régions ordinairement calmes.

Le vent fortifie considérablement les fibres des végétaux, et cette propriété offre même quelquefois des inconvénients sérieux. Ainsi le chanvre cultivé dans la vallée du Rhône donne une filasse très-grossière, tandis que celui que l'on récolte dans certaines vallées protégées par les Alpes contre le vent donne une filasse beaucoup plus fine.

Avant d'arriver à la pesanteur, nous dirons quelques mots de la *force centrifuge*. C'est la force qui se manifeste dans la fronde, par exemple : le corps lourd placé à l'extrémité de la fronde tend à s'échapper avec une vitesse d'autant plus grande que le mouvement de rotation est plus rapide. On démontre que dans des cercles inégaux décrits dans le même temps par un corps lourd, les forces centrifuges sont proportionnelles aux rayons : elles sont aussi proportionnelles à la masse du corps.

Sur la terre, la force centrifuge est nulle aux pôles et a son maximum à l'équateur : c'est à cette force que la terre doit son aplatissement vers les pôles. Tout semble prouver, en effet, que la terre faisait anciennement partie de la masse solaire. A une certaine époque et par une cause quelconque, une partie s'en est détachée, et il en est résulté divers centres isolés dans l'espace, qui sont devenus les planètes. La masse de la terre étant liquide et soumise à un mouvement de rotation et de translation dans l'espace, a dû prendre une forme aplatie vers les pôles; cet aplatissement a subsisté lors de la solidification de la croûte terrestre.

On peut facilement mettre en évidence les effets de la force centrifuge, au moyen de divers appareils que l'on montre du reste dans tous les cours de physique.

### DE LA PESANTEUR.

Nous ne nous occuperons dans ce cours que de l'action spéciale que la pesanteur a sur le développement des plantes et sur la direction de leurs diverses parties, et nous exposerons notamment les expériences que M. Dutrochet a entreprises à cet égard.

Si nous examinons attentivement un végétal, nous le trouvons composé d'un système de fibres et de vaisseaux dont une partie se termine en racine, et dont l'autre constitue la tige et les feuilles. C'est en vertu de l'action propre des tissus que la séve puisée dans le sol par les racines passe dans les différentes parties de la plante où elle est élaborée, et sert ainsi au développement du végétal. Cette ascension de la séve et son élaboration sont soumises à des forces de diverses natures, chimiques, physiques et organiques, dont nous n'avons pas à nous occuper ici. Mais voyons comment intervient la pesanteur.

C'est elle tout d'abord qui maintient les diverses parties de la plante dans leurs positions respectives. Nous savons que les racines tendent toujours à descendre et les tiges à monter. Cette tendance, qui se manifeste dès les premiers temps du développement de la plante et qui se conserve pendant toute son existence, doit être certainement rapportée à l'influence de la pesanteur. Les expériences ne laissent aucun doute à cet égard.

Si l'on cherche à donner une position horizontale à une plante, on observe que les différentes parties tendent toujours à reprendre leur position verticale, et la plante périt plutôt que de se soumettre à ce régime anormal.

Un physicien eut l'idée de faire germer des graines dans un tonneau auquel il avait imprimé un mouvement continuel de rotation autour d'un axe plus ou moins incliné, il fut fort étonné de voir que les racines et les feuilles prenaient la direction de l'axe de rotation et s'écartaient ainsi plus ou moins de la verticale, suivant que l'axe était plus ou moins incliné à l'horizon. Cependant il ne tira aucune conséquence de ce fait remarquable.

Il était réservé à Kinglest de mettre en évidence la cause de ce phénomène; cette cause, c'est que l'action de la pesanteur avait été détruite par la force centrifuge résultant du mouvement de rotation du tonneau. Il répéta donc cette expérience en la variant de différentes manières, il pouvait même avoir une vitesse de 250 tours par minute, avec des inclinaisons variables : il opérait sur des fèves.

Il reconnut ainsi qu'il fallait une vitesse de 150 tours au moins par minute pour détruire l'action de la pesanteur.

Digitized by Google

Avec une vitesse moindre, la pesanteur reprenait son influence, et la direction que suivaient les plantes n'était qu'une résultante de l'action de la pesanteur et de celle de la force centrifuge.

Dutrochet répéta et multiplia ces expériences, et toutes confirmèrent les résultats obtenus précédemment.

Voici les conclusions qu'il tira de toutes ses expériences :

1° Lorsqu'une graine en germination est placée à la circonférence d'une roue verticale ou horizontale qui tourne rapidement, la force centrifuge détermine l'inflexion de la radicule vers la circonférence, et celle de la jeune plante vers le centre de la roue.

2° Lorsque la roue tourne horizontalement avec une vitesse médiocre, la radicule et la plante se dirigent obliquement entre la position horizontale que tend à leur donner la force centrifuge, et la position verticale que la pesanteur tend à leur imprimer.

3° Lorsque la graine est placée au centre d'une roue verticale et tourne ainsi sur elle-même, ou bien lorsqu'elle se trouve à la circonférence d'une roue verticale dont la rotation est lente, et que, dans l'un et l'autre cas, l'axe de rotation est incliné d'une manière sensible, la radicule de la graine située sur l'axe se dirige vers la partie descendante de cet axe, et la plumule vers la partie ascendante. La radicule et la plumule de la graine située à la circonférence prennent une direction parallèle à l'axe.

Ces directions sont dues à l'influence de la pesanteur, la force centrifuge étant nulle.

Il résulte encore de ces expériences que la force centrifuge, allant en diminuant de l'équateur aux pôles, les plantes ont une tendance à s'infléchir du côté de l'axe, c'est-à-dire vers la surface du sol.

L'inclinaison, en moyenne, est-elle sensible? On l'ignore, seulement la tendance existe. On peut encore se demander comment la même force, agissant sans cesse dans la même direction, peut forcer les racines à s'enfoncer dans le sol et les feuilles à s'élever?

C'est par la raison que les racines sont obligées de puiser dans le sol les sucs qui sont nécessaires à la plante, et que les feuilles doivent rechercher l'air et la lumière pour accomplir leurs fonctions. La séve doit donc obéir à l'action de la pesanteur.

ARMAND DESCAMPS, pharmacien, préparateur au Muséum.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

### BOTANIQUE (1).

COURS DE M. CHATIN.

**Anatomie végétale élémentaire.**

L'anatomie comprend l'étude des organes élémentaires dont sont formées les plantes.

Ces organes sont au nombre de trois : les *cellules*, les *fibres*, et les *vaisseaux*.

CELLULES. — Les cellules se présentent d'abord sous la forme de vésicules arrondies. On les trouve surtout à cet état dans les tissus mous ; mais bientôt elles deviennent polyédriques, sous l'influence de pressions réciproques. De toutes les formes, celles qu'elles affectent le plus souvent, c'est le dodécaèdre pentagonal.

Quelquefois elles sont allongées ou ramifiées ; leurs extrémités flottent dans des lacunes, comme on le voit dans les Gentianées et les Nymphéacées ; quelquefois aussi elles sont entrelacées : dans les Typhacées, par exemple.

On donne plus généralement le nom de *cellules* à celles qui sont aplaties latéralement, et celui d'*utricules* à celles qui sont également développées dans tous les sens.

Examinons maintenant leur structure.

Elles ont primitivement une paroi simple et unie, souvent assez mince ; mais bientôt elles se modifient et finissent par différer l'une de l'autre. Tantôt elles sont ponctuées ou rayées, tantôt spiralées (dans les Orchidées épidendrées et dans les anthères); tantôt scléreuses ou osseuses, quand la paroi, devenue très-épaisse, ne laisse plus à l'intérieur qu'une cavité à peine visible ; souvent les cellules sont marquées de points qui correspondent à des canaux dirigés vers la cavité centrale et formés par des concrétions pierreuses.

Toutes ces modifications tiennent à ce que l'épaississement de la paroi des cellules se faisant par l'accumulation lente et progressive de nouvelles matières à l'intérieur, ces matières existent dans certains endroits et manquent dans d'autres : ce qui le prouve, c'est que dans les tissus élastiques, la spire reste souvent seule, parce qu'elle est d'une nature plus résistante que la paroi sur laquelle elle était appliquée.

Les cellules renferment ordinairement dans leur intérieur des corps de nature très-diverse. On y trouve des solides, des liquides et des gaz : quelquefois, mais assez rarement, elles sont complétement vides, comme cela se voit dans le liége, et dans les cellules qui constituent l'épiderme de la plupart des feuilles.

Parmi les corps solides contenus dans les cellules

(1) La leçon d'ouverture, publiée dans le n° 51 de la première année, page 737, a été consacrée à l'exposition de quelques idées générales sur la *tératologie* et la *nosologie* végétales, la *géographie botanique* et la *glossologie*.

Digitized by Google

nous en trouvons qui sont de nature inorganique et d'autres de nature organique.

Les premiers sont ordinairement des sels très-variables suivant les espèces dans lesquelles on les étudie, des oxalates, des carbonates calcaires ou alcalins, etc., souvent en petits cristaux rhomboïdaux,

On donne le nom de *raphides* à des cristaux allongés existant surtout dans des cellules également allongées, comme dans les Saxifrages; souvent aussi le tissu semble se creuser, comme dans le *Naias*, le *Ficus elastica*, et dans ces cavités des paquets de petits cristaux se trouvent suspendus comme un lustre, par un fil très-mince de matière organique; de plus, chaque cristal est recouvert d'une gaîne, également très-mince, de même matière.

Parmi les corps solides de nature organique, nous trouvons la chlorophylle, des grains de fécule et une matière azotée. La chlorophylle, ou matière verte des feuilles, est tantôt à l'état gélatineux et tantôt sous forme de grains fixés contre les parois de la cellule. La privation de la lumière entraîne pour les plantes la disparition de la chlorophylle : les plantes sont alors dites étiolées. Cet étiolement est entièrement analogue à celui des globules du sang, et c'est aussi du reste par un traitement ferrugineux que l'on guérit la chlorose végétale. La chlorophylle n'existe pas dans les parties souterraines ou internes des végétaux. Il faut faire exception pour le Gui et pour la moelle des jeunes plantes, qui blanchit quand les couches externes, devenues plus épaisses, empêchent complétement le passage de la lumière.

La chlorophylle existe aussi dans les cotylédons, et la fécule est ordinairement en raison inverse de la chlorophylle : c'est surtout dans les parties internes et souterraines des végétaux qu'on la rencontre en plus grande abondance. Ex. : la Pomme de terre, le Sagou, etc. La chlorophylle sert à la vie actuelle, tandis que la fécule n'est qu'un dépôt d'aliment pour l'avenir; aussi la trouve-t-on en grande quantité dans les graines; elle est alors destinée à servir de première nourriture à l'embryon.

Les grains de fécule sont de forme et de volume très-variables, arrondis ou polyédriques, tantôt assez volumineux comme la fécule proprement dite, tantôt très-petits comme l'amidon. La matière azotée est généralement sous la forme de granules; la chlorophylle ne doit même son apparence granulée qu'à sa fixation sur les granules de matière azotée. La matière azotée existe surtout dans les parties les plus vivantes des plantes, c'est-à-dire dans les bourgeons, les feuilles et l'embryon.

Son existence démontre que la prétendue définition chimique des végétaux faite en les considérant comme exclusivement composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, n'est pas rigoureuse.

Les liquides que nous rencontrons dans les cellules sont :

L'eau, qui vient en première ligne : elle tient en dissolution une foule de principes et existe dans toutes les parties des végétaux. Puis viennent les huiles fixes, que l'on rencontre surtout dans les graines et dans les cellules internes.

Les gaz sont l'air, l'acide carbonique et l'azote. L'acide carbonique existe dans les fruits du Baguenaudier. Les cellules se forment par dédoublement, ou bien quelquefois prennent naissance sur les parois d'anciennes : dans le *Marchantia*, par exemple.

Elles adhèrent entre elles par simple juxtaposition ou par l'intermédiaire d'une matière agglutinative.

Fibres. — Les fibres diffèrent des cellules par leur allongement, leur aspect fusiforme et par l'épaisseur plus considérable de leurs parois. Les unes sont unies à leur intérieur : ce sont elles qui forment les parties résistantes et textiles de l'écorce; d'autres sont ponctuées : on les rencontre surtout dans le bois. Chez les Conifères, elles sont pourvues de dépressions lenticulaires; dans les *Ephedra*, ces dépressions alternent avec une spirale. Les fibres renferment les mêmes matières que les cellules, mais en moins grande quantité, et encore n'y en a-t-il que dans les jeunes tissus; elles contiennent très-rarement de la fécule; on en trouve cependant dans les fibres de la Capucine. — Elles se forment par l'allongement des cellules, qui sont toujours leur premier état.

Vaisseaux. — Les vaisseaux sont des grands tubes allongés, cylindriques, quelquefois prismatiques et terminés par une pointe conoïde; souvent ils sont marqués d'étranglements. Dans les vaisseaux laticifères, ces tubes sont anastomosés.

Les vaisseaux sont de différentes espèces. Certains sont ponctués, à ponctuation arrondie ou elliptique; d'autres sont rayés; quelques-uns sont scalariformes, ce qui arrive surtout dans les vaisseaux prismatiques; il y en a de réticulés; quelques-uns sont étranglés ou en chapelet; enfin, ils peuvent être spiralés, ce sont alors les trachées : leur spirale est souvent déroulable, comme cela se voit dans le Sureau et la Scabieuse.

Quant à la position respective de ces divers vaisseaux, elle est aussi très-variée.

Les vaisseaux ponctués se trouvent partout, excepté dans l'étui médullaire, où l'on trouve surtout des trachées déroulables.

Les vaisseaux en chapelet se rencontrent à la séparation de la feuille et de la tige.

Les vaisseaux scalariformes se montrent dans les Fougères.

Les vaisseaux ne renferment jamais de corps solides, mais ils contiennent des liquides en grande abondance, surtout au moment de la séve : ces liquides sont l'origine des pleurs de la Vigne. Le moment de la séve passée, on y trouve de l'air.

Ils se forment par la superposition de cellules dont les cloisons finissent par disparaître; mais on en retrouve les vestiges dans les vaisseaux en chapelet.

*Position respective de ces trois organes élémentaires dans*

Digitized by Google

*les végétaux.* — Les cellules existent seules, à l'exclusion des deux autres espèces d'organes élémentaires, dans les végétaux inférieurs, appelés quelquefois, pour cette raison, cellulaires. Elles existent aussi dans les parties extérieures de tous les autres végétaux, dans la moelle de toutes les Dicotylédonées et dans l'embryon.

Les fibres constituent la partie ligneuse du bois et de l'écorce.

Enfin, les vaisseaux sont en général entourés et protégés par les fibres et par les cellules.

ARMAND DESCAMPS, pharmacien, préparateur au Muséum.

---

## ÉCOLE DES MINES.

## MINÉRALOGIE.

### COURS DE M. DAUBRÉE
(de l'Institut).

### Histoire de la minéralogie.

Les minéraux ont attiré l'attention des hommes à une époque très-reculée. Les anciens Grecs et les anciens Romains étaient métallurgistes ; ils employaient l'airain, l'or, l'argent et d'autres métaux, dont la production industrielle nécessitait évidemment la connaissance des caractères distinctifs de différents minéraux.

Les restes de bijoux et d'ustensiles égyptiens conservés dans les galeries de nos musées témoignent que bien avant les Grecs et les Romains, certaines notions minéralogiques s'étaient développées. On peut même remonter plus haut, remonter à un âge où les métaux étaient inconnus et où l'on n'employait que la pierre. Or, à cet âge, on se servait en Scandinavie, aussi bien qu'en Gaule, d'instruments de pierres de diverses natures, et principalement de *jade*, substance verte du genre amphibole; ce qui exigeait aussi certaine étude des minéraux.

Mais sortons de ce vague historique, et arrivons aux premiers essais tentés dans une voie quelque peu scientifique.

Aristote le premier s'est occupé de classer les minéraux. Dans sa *Physique*, il les partage en minéraux pierreux et en minéraux métalliques.

Théophraste, qui vint après, fit connaître, dans un traité spécial de minéralogie, un certain nombre d'espèces minéralogiques qu'il décrivit, et divisa les deux grandes classes d'Aristote en un certain nombre de genres.

Après ces deux génies éminents, un long silence se fit quant à l'étude des minéraux, et il faut suivre le courant de l'histoire jusqu'au XVIe siècle de l'ère nouvelle, jusqu'à Agricola, pour rencontrer une description raisonnée relativement à l'époque.

Agricola, dont le vrai nom était Bauer, naquit en Bohême. Werner le qualifie de *père* de la métallurgie. Le premier, en effet, il exposa avec soin, dans un ouvrage considérable publié à Bâle, l'ensemble des procédés métallurgiques et les caractères des minerais qu'il importe au mineur de connaître. On rencontre en cet ouvrage, à côté d'une foule de données pratiques d'une grande exactitude et d'une foule d'observations utiles, un grand nombre de réflexions mystiques et cabalistiques sur les pierres, sur leur rôle dans la vie humaine, sur leurs propriétés médicinales, etc., sur la formation des minerais sous l'influence des planètes.

Dans un petit livre publié en 1500 et écrit probablement sous l'influence d'Agricola, on voit, dans de curieuses gravures, les filons de différents métaux apparaître au moment où telle et telle planète apparaissent à l'horizon.

Au siècle dernier, une extrême confusion régnait encore dans les notions minéralogiques, confusion explicable, il est vrai, par l'imperfection contemporaine des connaissances chimiques.

Dans les livres importants publiés par Valmont de Bomare, en 1742, et par Stahl en 1767, on voit réunis, sous le nom commun et générique de *schorls*, des minéraux, tous bruns ou noirs et très-peu fusibles, tels que la staurotide, la tournaline, le pyroxène, le basalte, etc., substances en réalité fort différentes.

D'autre part, des substances presque identiques sont tout à fait séparées les unes des autres.

On n'envisageait alors, pour la distinction des espèces, que la forme, tandis qu'il faut envisager, pour arriver à l'exacte vérité, la nature et la composition des corps.

Ainsi, on dissociait les différentes espèces de chaux carbonatées suivant leurs aspects : le spath d'Islande, le marbre, l'albâtre, la pierre lithographique, le calcaire à bâtir, la chaux en rognons, la craie, la stalactite calcaire, etc., toutes substances chimiquement identiques, qui ne sont aujourd'hui que des variétés d'une même espèce, étaient considérés alors comme autant d'espèces distinctes.

On distinguait de la même façon le cristal de roche, l'améthyste, le silex, la pierre à fusil, l'agate, les sables siliceux, qui ne sont que des variétés de quartz.

C'est à l'illustre Werner, professeur à Freyberg en Saxe, que remonte, à vrai dire, l'ère scientifique de la minéralogie. Depuis la venue de cette homme éminent, la minéralogie a fait des pas rapides, grâce à la triple étude des caractères extérieurs, géométriques et chimiques des minéraux.

Les caractères extérieurs ont attiré presque exclusivement l'attention de Werner. Agé à peine de vingt-quatre ans, Werner publia, sous le titre de *Traité des caractères extérieurs des minéraux*, un petit livre très-concis, dans lequel il indique avec une exactitude remarquable la manière de distinguer les espèces minéralogiques; il y ajoute même un essai de classification.

C'était en 1774, époque à laquelle la chimie était peu avancée. Eh bien, on est surpris de la sagacité, frappé de

Digitized by Google

la finesse d'intuition que Werner a dû mettre en œuvre pour arriver, par la seule voie des caractères extérieurs, à une classification aussi rationnelle.

L'emploi de ces caractères extérieurs est précieux, disons-le tout de suite, dans la pratique de la minéralogie. Ils ont l'avantage de pouvoir être constatés instantanément ou par des épreuves très-simples, et dans beaucoup de cas ils sont suffisants pour déterminer la nature d'un minéral.

L'ensemble des travaux de Werner constitue ce qu'on pourrait appeler dans l'histoire de la minéralogie la phase des caractères extérieurs.

Elle est suivie de la phase géométrique ou *cristallographique*.

Les formes géométriques ont reçu de bonne heure le nom de formes cristallines. On s'imaginait, dans l'antiquité, que les cristaux étaient des bizarreries de la nature; on les prenait pour de l'eau congelée d'une façon particulière.

Stenon, savant danois, entrevit le premier, au XVII^e siècle, l'importance des formes cristallines; mais les deux Français Romé de Lisle et Haüy sont les fondateurs de la vraie science des cristaux, ou cristallographie.

Romé de Lisle, dans ses deux ouvrages fondamentaux, publiés en 1772 et 1783, indiqua pour la première fois le fait fondamental de la constance des angles dans les parties homologues des cristaux d'une même espèce, et détermina, aussi pour la première fois, les relations et les analogies des différentes formes cristallines.

Haüy développa ces principes, et organisa sur un fond solide toute la science cristallographique.

Les formes cristallines sont d'ailleurs très-communes. Longtemps on les a ignorées, parce que beaucoup de cristaux sont très-petits, et alors ne s'aperçoivent pas à l'œil nu, et aussi parce que souvent les cristaux s'enchevêtrent, s'emboîtent, de manière à disparaître et à former une masse amorphe.

Le caractère cristallin est fort important en minéralogie, et il ne doit pas être plus négligé que les autres.

Après la phase géométrique est arrivée la phase chimique, phase capitale, et qui a constitué la minéralogie.

La première tentative de classification minéralogique fondée sur la chimie fut faite en 1747, par un Suédois, nommé Valerius. Après lui viennent beaucoup d'autres, et chose curieuse, presque tous aussi Suédois, qui travaillent dans la même direction. Les noms de Cronstedt, de Bergmann et de Gahn, sont inscrits d'une manière indélébile dans l'histoire de la science.

Mais le plus illustre de tous, celui qui a davantage contribué aux progrès chimiques de la minéralogie, est Berzelius, né en 1779 à Linkœping, en Suède, et mort à Stockholm, en 1848. Berzelius a effectué un nombre considérable d'analyses minéralogiques qui resteront comme des modèles, et sa découverte du chalumeau est un immense service rendu à la science. Il a éclairci l'histoire entière des silicates, et élucidé, pour ainsi dire, toute la minéralogie, par l'introduction de son système de formules destinées à représenter la composition des minéraux.

Après les travaux de Berzelius sur l'analyse des substances minérales, se placent naturellement les travaux exécutés par d'autres savants sur la synthèse de ces substances.

Ces derniers travaux sont partis presque tous de l'école des mines.

M. Berthier, en commun avec M. Mitscherlich, reproduisit le premier des silicates cristallisés.

Dans cette direction le suivirent Ebelmen, enlevé à la science d'une manière si prématurée; de Senarmont, mort aussi à l'âge où l'on espère encore, et d'autres que je ne citerai pas, puisqu'ils sont à côté de nous et qu'ils vous communiquent directement le résultat de leurs recherches.

Ces travaux synthétiques ont un grand intérêt, au point de vue scientifique; seuls, ils peuvent expliquer le mode possible de formation des espèces minérales dans les périodes géologiques, et donner une idée des métamorphoses qui se sont accomplies dans la formation de l'écorce du globe.

Un mot, en terminant, sur la minéralogie en elle-même.

Inutile d'insister sur sa valeur extrinsèque, c'est-à-dire sur son utilité. Personne ne conteste sa nécessité pour la reconnaissance et l'exploitation des minéraux.

Inutile aussi de rappeler les emplois divers des minéraux dans les arts de toutes sortes.

Il convient seulement d'appeler l'attention sur la façon dont elle doit être étudiée. Elle ne doit pas l'être dans les livres, elle doit l'être dans les galeries. Le but est de connaître le *facies* et les propriétés des minéraux. Or, il est impossible de se représenter ce facies et de se rappeler ces propriétés, au moyen de la lecture d'une description, fût-elle cent fois répétée. Rien ne supplée à la vue effective, ni au contact direct des espèces minéralogiques elles-mêmes. Il faut voir, il faut toucher les échantillons : ainsi seulement la minéralogie se peut acquérir. — Fernand Papillon.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### XIV.

**Des mouvements réflexes.**

Dans les leçons précédentes, nous avons étudié les divers éléments que présente le système nerveux, et le

(1) Dans la première partie de ce cours (voy. les n^os 19, 22, 24, 27, 29, 34, 35, 38, 42, 43, 44, 45, 48, 50 et 51 de la première an-

Digitized by Google

rôle de chacun d'eux dans les actions complexes produites sous l'influence de ce système. Le moment est donc venu d'aborder ces actions complexes elles-mêmes, pour en bien déterminer les circonstances et les effets.

Le système nerveux tout entier peut se ramener à deux espèces d'éléments des fibres sensitives ou motrices et des cellules placées soit à la périphérie du corps pour y recueillir des impressions diverses, soit dans les centres nerveux pour y servir d'origine aux différents nerfs, soit enfin à l'endroit où les fibres immergent dans le tissu musculaire. Du reste, ces deux espèces d'éléments ont une importance fort inégale. Les fibres n'ont pas d'autre rôle à jouer que celui de conducteurs de l'influence nerveuse, tandis que les cellules sont les organes où se modifient et se transforment les propriétés des divers éléments nerveux. Les fibres constituent la substance blanche, et les cellules la substance grise.

En examinant comment les choses se passent à l'état normal, nous voyons que tout phénomène nerveux, sans exception, se traduit finalement par un mouvement. Quelle que soit d'ailleurs la nature de ce mouvement, il se produit toujours dans une fibre musculaire par l'influence d'un nerf moteur qui la fait contracter. Ainsi donc, ne l'oublions pas, ce qui doit faire désormais l'objet de nos études, ce sont des mouvements. Toute la physiologie peut se ramener à ce point, car aucun phénomène ne peut s'accomplir dans l'être organisé sans un mouvement quelconque.

On distingue chez les animaux deux grandes espèces de mouvements : 1° les mouvements conscients ou volontaires ; 2° les mouvements inconscients, involontaires ou réflexes, car, sous des noms divers c'est toujours la même chose.

Nous parlerons d'abord des mouvements réflexes, des différentes formes qu'ils peuvent affecter et de la part qu'ils prennent aux divers phénomènes vitaux.

Le mouvement réflexe est un mouvement dans lequel concourent toujours trois ordres d'éléments distincts du système nerveux, l'élément sensitif, l'élément moteur et la cellule. Si l'on produisait un mouvement sans une de ces conditions, sans la participation d'un de ces éléments, ce ne serait plus un mouvement réflexe. En effet, tout mouvement réflexe suppose trois choses bien distinctes : 1° une excitation du nerf sensitif à un endroit quelconque de sa longueur ; l'ébranlement a lieu dans tous les sens, mais le nerf sensitif le transmet plus particulièrement au centre, parce qu'il y a là des propriétés spéciales ; 2° une excitation du nerf moteur qui se traduit par la contraction d'un muscle ; 3° un centre qui serve de transition et, pour ainsi dire, de trait d'union entre ces deux éléments, de manière à produire l'irritation du second sous l'influence de l'irritation du premier.

Voici une grenouille à laquelle on a coupé la tête. En lui pinçant la patte, nous observons immédiatement une rétraction de cette patte pour échapper à l'instrument qui la blesse. Eh bien, nous trouvons là le circuit complet avec les trois éléments que nous venons d'indiquer : un nerf sensitif irrité mécaniquement par notre pince, un centre, la moelle épinière, qui transmet cette irritation à la cellule motrice ; enfin un nerf moteur irrité à son tour qui agit sur la fibre musculaire pour la faire contracter. Il faut ajouter la fibre musculaire, qui est évidemment indispensable à la production du mouvement. Ainsi, quatre éléments concourent nécessairement dans les actions réflexes, et la suppression ou la mort d'un seul d'entre eux suffit pour rendre ces actions tout à fait impossibles. Quand un animal est paralysé, on ne peut donc pas dire immédiatement quelle est la cause de ce trouble organique, car il peut y en avoir quatre qui l'expliquent aussi naturellement l'une que l'autre, et l'on est ainsi contraint à chercher des raisons ou des faits qui permettent de découvrir entre ces quatre causes possibles celle qui a effectivement agi dans le cas présent.

Nous possédons maintenant la notion essentielle du mouvement réflexe. Cherchons donc à déterminer les conditions nécessaires de sa production.

Mais avant tout, il faut reconnaître et proclamer hautement que ce genre de mouvement est incomparablement le plus commun dans l'organisme vivant, car tous les phénomènes de la vie de nutrition s'accomplissent exclusivement sous son influence. Dans le cercle d'action propre au système cérébro-spinal, il se combine avec les mouvements directs et joue encore un fort grand rôle, comme nous aurons occasion de le constater plus tard.

La contradiction la plus profonde, l'opposition la plus complète semble exister entre les mouvements directs et les mouvements réflexes. Quand les uns augmentent d'intensité ou d'étendue, les autres diminuent dans la même proportion, sous les mêmes rapports, et on ne les voit jamais suivre une marche parallèle dans quelque sens que ce soit. On a remarqué en effet, il y a longtemps déjà, que pour exagérer la force des mouvements réflexes, il faut décapiter l'animal. Si l'on prend une grenouille ayant encore son cerveau intact, et que l'on mesure sa sensibilité au moyen d'une eau acidulée assez faible, on voit que cette eau n'a aucune action sur ses nerfs sensitifs. Mais qu'on lui coupe la tête et qu'on

---

nie, pages 229, 274, 305, 353, 385, 470, 491, 529, 596, 624, 631, 648, 689, 721 et 740). Après avoir consacré cinq leçons à l'exposition d'idées générales, d'abord sur les *organismes* et les *milieux physiologiques*, puis sur l'*irritabilité* et l'explication des phénomènes de la vie, M. Claude Bernard a successivement étudié les propriétés du tissu contractile (mouvements ciliaire, sarcodique et musculaire), et celles des diverses parties du système nerveux, nerf moteur, nerf sensitif, moelle épinière, avec les irritants qui font entrer en action chacun de ces éléments histologiques. Il commence aujourd'hui l'étude des phénomènes complexes auxquels concourent tous ces éléments. — E. A.

Digitized by Google

plonge de nouveau ses pattes dans la même eau, l'irritation se produira aussitôt, parce que l'action contraire du cerveau a été supprimée.

L'influence du cerveau tend donc à entraver les mouvements réflexes, à limiter leur force et leur étendue. Mais où réside précisément cette influence? Quelle partie de l'encéphale arrête ainsi les mouvements réflexes, et comment cette action se produit-elle? Voilà ce qui reste à déterminer. On pourrait bien se figurer que l'influence ou la vibration nerveuse ayant alors un chemin plus long à parcourir, puisqu'elle doit se propager jusqu'au cerveau, en revient un peu affaiblie, après avoir traversé ce long circuit. Mais quoique cette considération ne soit peut-être pas dénuée de tout fondement, elle ne paraît point suffisante pour expliquer les faits, et la question se pose toujours comme auparavant: Pourquoi le cerveau apporte-t-il un obstacle notable à la propagation des mouvements réflexes, et où réside cette résistance spéciale? Est-elle uniformément répandue dans le cerveau tout entier, ou devons-nous la chercher dans certaines parties déterminées de cet organe? C'est la question du *centre modérateur des mouvements réflexes*, question fort agitée dans ces derniers temps, et résolue au moins en partie, grâce à de savants travaux.

La théorie qui semble maintenant bien établie, on peut dire à peu près incontestable, c'est celle qui place ce centre modérateur dans une région déterminée du cerveau, et dénie aux autres parties de l'encéphale toute influence sur les mouvements réflexes. Ce point si intéressant se trouve situé dans les tubercules optiques, au moins chez la grenouille, qui a été le sujet ordinaire de toutes les expériences.

Pour prouver le rapport d'un organe avec une fonction déterminée, il se présente à nous deux moyens bien distincts, mais également concluants. Le premier, c'est de supprimer l'organe et de montrer alors que la fonction est supprimée en même temps. Le second, c'est d'exagérer son action en le surexcitant d'une manière quelconque, et de faire voir en même temps dans la fonction une exagération parallèle des phénomènes. Eh bien, nous allons appliquer ces deux méthodes opposées pour démontrer l'action directe du cerveau, ou plutôt d'un certain point de cet organe sur les mouvements réflexes.

On prend une grenouille ou tout autre animal qui puisse résister assez longtemps à des mutilations profondes de l'encéphale. Si l'on coupe progressivement les différentes parties du cerveau, en commençant par la région postérieure, on ne change rien aux actions réflexes, qui continuent à se produire comme auparavant, avec la même intensité, la même vitesse, la même étendue. Mais dès que l'on arrive, dans cette mutilation sans cesse progressive, à supprimer tout ou partie des lobes optiques, les actions réflexes deviennent immédiatement plus faciles et plus promptes, et la force excito-motrice augmente notablement, comme on peut s'en convaincre avec l'eau acidulée. Prenons maintenant une grenouille parfaitement intacte, et mesurons sa force excito-motrice toujours au moyen d'un acide étendu, comme l'acide sulfurique extrêmement dilué. Cette opération terminée, ouvrons le crâne de l'animal afin de pouvoir exciter directement les tubercules optiques par un mode quelconque; l'influence de ces lobes s'accroîtra alors en raison de cette excitation anormale, et les mouvements réflexes seront tellement entravés qu'ils ne se produiront quelquefois plus du tout, même en plongeant les pattes de l'animal dans les dissolutions acides les plus concentrées.

Toutes ces expériences sont d'une grande exactitude. Elles ont du reste été faites pour la plupart dans le laboratoire de M. Claude Bernard, et sous ses yeux.

Voici à peu près la pensée qui a présidé à tous ces travaux. Elle peut se résumer en ces termes, c'est qu'il y a une action et une réaction réciproque de tous les éléments nerveux les uns sur les autres. Mais quel est le mécanisme de cette réaction, voilà ce que nous ne savons pas bien. Cependant l'influence paralysante qu'exerce le cerveau sur les mouvements réflexes n'est pas un fait isolé; on peut lui trouver des analogies dans divers phénomènes physiologiques, et il y a d'autres expériences faites sur des points, d'ailleurs très-différents en eux-mêmes de la question présente, et qui ont donné des résultats tout à fait comparables à ceux que nous venons d'obtenir.

Ainsi, vous vous souvenez qu'en traitant du nerf moteur, nous avons constaté qu'un courant électrique passant à travers le nerf dans une direction rigoureusement perpendiculaire à son axe ne produisait aucune irritation du nerf, et par suite aucune contraction du muscle : tous les expérimentateurs ont reconnu l'exactitude de ce fait. Cependant cette électricité qui traverse ainsi le nerf n'est pas dépourvue de toute action sur lui; si elle ne l'irrite pas, elle constitue par contre un obstacle très-sérieux au passage de l'influence nerveuse. En effet, lorsque l'on veut exciter le nerf plus haut avec un autre courant électrique, disposé cette fois en mettant les deux pôles à des hauteurs inégales, de manière à produire l'effet désiré, il faut employer un courant huit ou dix fois plus fort tant que le premier courant continue à passer, et dès qu'on le supprime on rentre aussitôt dans les conditions normales. C'est probablement une action de ce genre qui se produit sur les mouvements réflexes, sous l'influence des lobes optiques ou tubercules quadrijumeaux.

Voilà donc un premier point démontré en physiologie, c'est que les mouvements réflexes de la vie animale se combinent avec les mouvements directs et sont affaiblis par eux.

Prenons maintenant une autre grenouille, et coupons-lui simplement la moelle épinière, pour détruire l'influence du cerveau. Si nous plongeons une des pattes postérieures de cet animal dans de l'eau acidulée, il retire d'abord cette patte : c'est donc le premier point excité par le contact de l'acide. Puis il agite l'autre patte,

Digitized by Google

et si la force excito-motrice est suffisante et l'acide assez concentré, les mouvements réflexes se propagent ensuite dans le reste du corps, et notamment aux membres antérieurs. Ceci prouve bien qu'il y a des entrecroisements dans tous ces mouvements et des communications dans tous les sens entre les divers éléments nerveux qui y prennent part. Cette propagation des mouvements réflexes dans tout le corps se fera avec une grande rapidité si la force excito-motrice est considérable. Mais quand l'excitation est faible, cette excitation, ou, si l'on veut, la vibration nerveuse, ne se transmet qu'au membre soumis à l'action de l'acide ou même à la seule racine antérieure correspondant à la racine postérieure irritée. En supposant une excitation un peu plus vive, le mouvement se communiquera à la paire de racines situées en face du côté opposé de la moelle ; puis il pourra se propager en haut et en bas plus ou moins loin, suivant l'accroissement d'intensité plus ou moins considérable qu'aura pris la force excito-motrice. Mais n'oublions pas que la localisation sera quelquefois très-grande. Ainsi, quand on pince un seul doigt sur un animal fatigué, il peut arriver quelquefois que ce seul doigt remue sans ébranler le moins du monde les parties voisines.

Les actions réflexes sont répandues dans tout l'organisme, avons-nous dit tout à l'heure. Il y a en effet des mouvements réflexes dans les nerfs de la peau, dans les nerfs des sens spéciaux, dans les nerfs de la sensibilité inconsciente, enfin dans les nerfs qui se distribuent à tous les muscles, et c'est même, comme nous l'expliquerons plus tard, la véritable cause du ton musculaire.

Comme exemple de mouvements réflexes dans les nerfs de la peau, nous pouvons citer les grenouilles, chez lesquelles ils prennent un développement fort notable et une importance souvent très-grande.

Parmi les mouvements réflexes des nerfs de sensibilité spéciale, qu'il nous suffise d'indiquer pour le moment ceux du nerf optique. L'irritation de ce nerf, faite par un moyen quelconque, n'occasionne jamais aucune douleur, mais elle produit une sensation toute particulière, la sensation lumineuse. Cette sensation se traduit elle-même par une contraction de la pupille, qui se referme plus ou moins complétement et avec une rapidité plus ou moins grande, suivant les cas, lorsque l'œil est frappé d'une vive lumière dont les rayons pourraient blesser la rétine s'ils y arrivaient en quantité trop considérable. Ce phénomène est le résultat d'une action réflexe dont nous allons expliquer le mécanisme.

La membrane de l'iris reçoit plusieurs filets d'un nerf ciliaire qui part d'un petit ganglion placé derrière l'œil, et qui communique lui-même avec un rameau de la troisième paire nerveuse, le nerf oculo-moteur commun. Le circuit se continue ensuite par le centre encéphalique, origine de ce dernier nerf, pour revenir à l'œil par le nerf optique. Ceci posé, coupons le nerf optique : l'animal devient immédiatement aveugle, et comme il ne reçoit plus d'impression lumineuse, sa pupille se dilate d'une manière considérable. Qu'on excite maintenant le bout central du nerf optique, il ne se manifestera pas, sans doute, la moindre trace de douleur, puisque nous venons de dire que ce nerf était incapable d'en ressentir ou d'en transmettre aucune au cerveau; mais on produira ainsi une impression lumineuse, toute subjective, car elle ne correspond à aucun phénomène réel dans le monde extérieur, dans le monde des objets, et cette impression purement subjective amènera la contraction de la pupille, absolument comme si l'œil avait été réellement frappé par les rayons d'une lumière quelconque. Voilà donc un mouvement réflexe, inconscient, qui est certainement dû à l'action du nerf optique. Et nous pouvons ajouter, de plus, que dans ces phénomènes l'influence est croisée, car, bien que nous n'agissions que sur un seul œil, ou plutôt sur une seule des moitiés de l'encéphale, les mêmes mouvements se produisent aussi dans l'autre.

Les expériences faites récemment par M. Claude Bernard pour établir qu'un ganglion du grand sympathique peut servir de centre dans une action réflexe, ces expériences, détaillées à la leçon précédente, nous fournissent un autre exemple de mouvement réflexe produit par un nerf de sensibilité spéciale. Nous avons vu, en effet, qu'en irritant le nerf lingual avec un corps sapide, comme du vinaigre, on provoque une abondante sécrétion de salive dans la glande sous-maxillaire, et ce phénomène parfaitement inconscient constitue évidemment une action réflexe. Ici encore, comme nous l'avons vu pour le nerf optique, l'influence est croisée ; car si l'on agit exclusivement sur la partie droite du nerf lingual, la glande sous-maxillaire du côté gauche ne s'en met pas moins à sécréter de la salive comme celle du côté droit, avec cette seule différence que le phénomène se manifeste d'abord sur la glande droite et tarde un peu plus à se produire sur la glande gauche. Aussi n'est-il pas étonnant qu'en coupant toute la partie droite du nerf lingual on n'arrête pas pour cela la sécrétion de la salive dans la glande correspondante. En effet, il reste toujours à cette glande l'action croisée qu'exerce sur elle le rameau gauche du nerf lingual, et cette action suffit parfaitement pour amener la sécrétion.

Après les mouvements réflexes dus aux nerfs de sensibilité spéciale, nous trouvons ceux que produisent les nerfs de sensibilité inconsciente, c'est-à-dire, en d'autres termes, les actions réflexes du système nerveux grand sympathique.

Parmi les mouvements de ce genre soumis à l'influence de ce système, nous devons citer tout de suite les actions qui se passent dans les nerfs pupillaires. Sans doute, nous avons déjà montré que l'irritation du nerf optique pouvait très-bien les provoquer, et il semble d'abord que cela suffise à leur explication; mais il ne faut pas s'étonner de nous voir invoquer maintenant l'action du grand symphatique, car il n'est pas rare que des causes mul-

Digitized by Google

tiples concourent à la production des mêmes mouvements réflexes, et l'on a constaté souvent que trois ou quatre influences diverses pouvaient ainsi se réunir pour participer à un phénomène unique. Les mouvements de la pupille en fournissent un excellent exemple. Ils ont beaucoup occupé les physiologistes et les médecins parce qu'on les a observés dans un grand nombre de circonstances diverses, et l'on a pu se convaincre facilement qu'il ne fallait pas toujours les rapporter à la même cause. Ils se produisent en effet d'abord par l'action de la lumière sur le nerf optique : c'est le cas que nous venons d'examiner tout à l'heure; puis par suite des sensations douloureuses communiquées aux nerfs de la peau; enfin par l'influence du grand sympathique dans certaines maladies particulières qui troublent l'état normal de ce système. Peut-être même ces trois causes ne sont-elles pas les seules qui puissent produire ce résultat, et devrions-nous en ajouter d'autres encore. Mais au moins l'action du grand sympathique est-elle incontestable, car les médecins ont observé certains mouvements de la pupille dans les maladies des intestins qui réagissent sur ce système. Du reste, on peut supprimer cette action en coupant le filet du grand sympathique qui se rend dans cet organe, et cela prouve encore mieux la réalité du rôle que nous lui attribuons.

Toutes ces actions réflexes sont encore croisées, c'est-à-dire qu'elles se propagent d'un côté du corps à l'autre, et cette circonstance prouve que le système cérébro-spinal prend une certaine part à la production du phénomène, car c'est dans l'axe principal de ce système que doit se faire le croisement.

Enfin, nous trouvons aussi dans les nerfs de sensibilité inconsciente des mouvements réflexes qui ne sont pas croisés et qui sont les seuls dus réellement et exclusivement à des ganglions du grand sympathique. Du reste, la distinction des deux systèmes nerveux est devenue aujourd'hui assez vague, puisqu'on a constaté, d'une manière certaine, qu'il y a des filaments spéciaux du grand sympathique réunissant ce système, dans une foule de points, aux diverses parties du système cérébro-spinal. Il est dès lors tout naturel que les actions réflexes soient croisées, puisque le croisement se produit dans la moelle épinière.

Ce n'est pourtant point là une règle sans exception, et il y a des mouvements réflexes qui échappent à cette loi. Ainsi, les expériences de M. Claude Bernard sur les sécrétions des glandes salivaires développées à la fin de la dernière leçon, ces expériences permettent de distinguer deux actions réflexes très-différentes, partant toutes les deux du nerf lingual, mais ayant des centres tout à fait séparés, et qui peuvent, l'une comme l'autre, provoquer la sécrétion de la salive dans la glande sous-maxillaire. La première se produit en irritant le nerf lingual avec un corps sapide quelconque, vinaigre ou autre : elle a son centre dans le cerveau, et elle est naturellement croisée, ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure en la citant comme exemple d'action réflexe due à un nerf de sensibilité spéciale. La seconde résulte de l'irritation du nerf lingual, non plus par un irritant spécial, mais par un irritant qui agisse sur tous les nerfs, un irritant mécanique, je suppose, pincement, piqûre ou autre; le centre de cette action réflexe se trouve placé dans un ganglion du grand sympathique, le ganglion sous-maxillaire, et cette fois le mouvement n'est plus croisé. Quand on excite seulement le côté droit, la glande droite entre en sécrétion, mais celle de gauche n'est aucunement modifiée dans son état, et si l'on agit ensuite sur le côté gauche, le même résultat se produit en sens inverse. Mais il est évident que pour pouvoir constater le phénomène, il faut d'abord supprimer la première action réflexe, qui a son centre dans le cerveau et qui provoquerait toujours une vive sécrétion des deux glandes à la fois.

Il y a d'autres cas encore où le croisement du mouvement réflexe ne peut s'opérer. Moins bien isolés peut-être que l'exemple précédent, ils n'en sont pas moins incontestables, surtout dans le système vasculaire.

Le cœur reçoit des impressions plus ou moins vives de tous les nerfs de la peau, et ces impressions arrêtent son mouvement pendant un temps très-court, il est vrai, ce qui nous empêche de le remarquer sur nous-mêmes. Mais on peut le constater facilement en plaçant un manomètre sur une grosse artère; grâce à ce moyen, on suit avec certitude toutes les variations que subissent les pulsations du pouls, et, par suite, les mouvements du cœur qui en sont la cause première. Nous avons encore là des actions réflexes, et nous pouvons les rapporter à l'influence du nerf spinal et du nerf pneumogastrique, car elles ne se produisent plus dès qu'on a coupé ces deux nerfs. Du reste, ici encore l'action est croisée, car on peut la faire naître dans le côté droit en agissant sur le nerf spinal du côté opposé, et réciproquement.

Mais les nerfs vaso-moteurs nous fournissent des mouvements réflexes non croisés, comme ceux de la glande sous-maxillaire que nous rappelions à l'instant. Ainsi, quand on pince l'oreille d'un lapin, on provoque des actions réflexes qui amènent la contraction et la dilatation des vaisseaux sanguins. Ces actions se produisent par suite de la communication de la sensation douloureuse à un ganglion du grand sympathique, nommé le ganglion cervical, et qui réagit à son tour sur les nerfs vaso-moteurs. Mais si l'on n'a pincé qu'une des oreilles, les phénomènes se manifestent seulement dans un côté de la tête, et l'autre côté y demeure parfaitement étranger. Le croisement de l'influence nerveuse n'a donc pas eu lieu.

Ainsi la physiologie ne connaît pas seulement des actions réflexes qui se propagent de proche en proche et plus ou moins loin, suivant la force de l'ébranlement primitif. Ce sont là les mouvements réflexes généraux, étroitement enchevêtrés les uns dans les autres, et qui peuvent s'engendrer réciproquement d'une manière presque indéfinie. Mais ce n'est pas tout. Il y a aussi des mouvements réflexes spéciaux qui ne se généralisent jamais,

Digitized by Google

comme les précédents, à travers l'organisme entier, mais restent toujours localisés dans certaines régions déterminées où ils ont pris naissance. Les mouvements de ce genre se rencontrent surtout dans le système vasomoteur et dans toutes les sécrétions internes. Du reste, leur étude est fort difficile, et ils sont bien loin encore d'être complétement connus. Le mécanisme des mouvements réflexes généraux commence à s'éclaircir un peu mieux, et, après avoir terminé l'étude rapide que nous faisons de leurs principales espèces, nous montrerons tout à l'heure comment ils s'emboîtent les uns dans les autres, comment ils se coordonnent dans l'harmonieuse unité des actions vitales.

Comme nous l'avons vu précédemment, le cerveau exerce sur les mouvements réflexes une certaine influence que nous avons caractérisée déjà en l'appelant action modératrice. Quand on a retranché l'encéphale, les mouvements réflexes font vivre encore l'animal pendant un certain temps; mais il est réduit alors à un état complet d'automatisme. S'il se meut encore, ce ne sera plus que sous l'impulsion des influences extérieures; tant que vous le laisserez en repos, il n'aura pas la moindre envie d'en sortir et ne bougera jamais tout seul, car on lui a enlevé l'excitant physiologique par excellence de tous les mouvements spontanés, à savoir, le cerveau, organe de la volonté.

Quand on veut faire des expériences de ce genre, on opère le plus souvent sur un oiseau, qui supporte facilement ces mutilations encéphaliques. C'est ce qu'a fait M. Flourens dans la plupart de ses travaux. Supposons donc qu'on enlève l'encéphale d'un oiseau, d'un gallinacé par exemple. Ainsi mutilé, il vole quand on le jette en l'air, remue si on le touche, avance quand on le pousse, retire sa patte si on la blesse; il avale même le grain qu'on met dans son bec: mais voilà tout. Il ne sait plus chercher sa nourriture ou faire usage de ses sens, et il est devenu incapable de prévoir comme d'éviter le danger. La même opération a également été pratiquée sur des petits de mammifères pendant la période de l'allaitement, et l'on a pu constater ainsi que, malgré l'absence du cerveau entraînant la suppression de tout mouvement volontaire, le seul contact du mamelon de la mère sur le museau du petit animal suffisait pour l'inviter à la succion, phénomène qui ne peut être dû évidemment qu'à une action réflexe. Voici un jeune chat nouveau-né qui a subi cette mutilation de l'encéphale; les cris aigus qu'il pousse ne doivent pas vous induire en erreur, car eux aussi sont dus à des actions réflexes qui mettent en jeu les muscles du larynx.

Les mouvements réflexes persistent toujours, pendant le repos comme pendant le mouvement des membres, sous l'influence de la volonté. C'est à eux, en effet, qu'on doit rattacher un phénomène très-intéressant dont il a déjà été question dans ce cours à propos de la substance contractile. Nous voulons parler du ton musculaire qui maintient constamment tous les muscles dans un état particulier de demi-contraction déterminant la forme générale du corps. Les sphincters subissent, d'une manière non moins continue, une influence plus puissante encore, puisqu'elle les maintient toujours dans un état permanent de contraction complète. Or, les muscles de ce genre sont fort nombreux chez les animaux; on en trouve à tous les orifices des organes, à l'anus, à la vessie, aux organes sexuels, à l'estomac, etc. Ce dernier en possède même deux, l'un placé au pylore et l'autre au cardia. Voilà deux espèces de phénomènes, — ton musculaire et contraction permanente des sphincters, — sur lesquels il est nécessaire de nous arrêter un instant.

En étudiant les propriétés du muscle, nous avons vu qu'il pouvait passer par trois états distincts : la contraction, le relâchement complet, et l'état tonique ou normal qu'on peut en quelque sorte considérer comme intermédiaire entre les deux autres. La constitution du sang sortant d'un muscle varie notablement, suivant que ce muscle est dans l'un ou dans l'autre de ces trois états. Les expériences de M. Claude Bernard à ce sujet ont presque toutes porté sur le muscle droit de la cuisse, parce qu'il est plus facile d'en apercevoir l'artère et la veine, ainsi que le nerf qui s'y distribue. En mettant ce muscle à nu, nous voyons que dans l'état naturel, c'est-à-dire à l'état de ton musculaire, le sang en sort avec une couleur noire modérée; si nous provoquons la contraction, le sang veineux deviendra tout à fait noir, et ne contiendra plus du tout d'oxygène, la combustion ayant été complète. Au contraire, si nous coupons le nerf, nous verrons aussitôt le muscle se relâcher, s'affaisser sur lui-même et s'allonger notablement; la section du nerf ayant supprimé le ton musculaire et l'état de demi-contraction qui le constituait, le sang veineux sortira parfaitement rouge. Du reste, Hunter avait déjà remarqué que dans l'état de syncope, lorsque tous les muscles sont relâchés et que le ton musculaire est suspendu, le sang veineux devient rouge comme le sang artériel, de noir qu'il était auparavant.

Tous ces faits mettent en évidence l'action du système nerveux sur la combustion respiratoire, et par suite sur la constitution du sang. Cette combustion, qui a son siége dans le muscle, ne peut se produire qu'à une condition, c'est que le muscle soit à un état d'activité plus ou moins complète, et elle suivra elle-même les degrés divers de cette activité. Ainsi, dans l'état de contraction pleine, presque tout l'oxygène sera brûlé, et la production de chaleur animale augmentera suivant l'intensité de cette contraction; on a souvent constaté en effet que le sang veineux est d'autant plus noir, que la contraction musculaire a été plus énergique chez les divers individus ou dans les différentes régions du corps; et cette énergie de la contraction dépend en grande partie de l'énergie de l'influence nerveuse. Dans l'état de ton musculaire, l'action du nerf est bien moins puissante : nous n'avons plus qu'une demi-contraction; elle ne provoquera plus en conséquence qu'une combustion partielle, telle que

Digitized by Google

nous la voyons à l'état normal, et le sang veineux aura une couleur noire assez faible. Enfin, si nous supprimons complétement l'action nerveuse en coupant le nerf, le muscle tombera dans son troisième état, celui de relâchement complet; la combustion respiratoire sera nulle, comme la contraction et l'influence nerveuse : le sang traverse alors le muscle sans y subir aucune modification, et il en sort, à l'état de sang veineux, aussi rouge qu'il y était entré à l'état de sang artériel. Nous avons déjà dit que c'est ce qui se produisait dans la syncope. Certaines maladies, comme la fièvre typhoïde, amènent les mêmes effets : le relâchement des muscles étant encore complet, le sang reste toujours rouge dans les veines aussi bien que dans les artères. — Émile Alglave.

## CHRONIQUE.

— Nos lecteurs connaissent de nom, sans doute, le docteur Remak. Ils savent que cet éminent médecin, professeur de l'université de Berlin, a enrichi l'anatomie et la physiologie de nombreuses et importantes découvertes.

Ces découvertes ont conduit M. Remak à l'examen des effets du courant constant sur l'homme sain et sur l'homme malade. Depuis dix ans, il étudie avec l'ardeur la plus persévérante et avec la rigueur la plus méthodique l'exercice et la loi de ces effets. Ce n'est pas un empirique vulgaire, ce n'est pas non plus un observateur empressé, tant s'en faut; aussi est-il arrivé à la découverte de procédés électro-thérapiques remarquables et inattendus.

Ces procédés sont exposés dans un ouvrage traduit en français par le docteur Morpain, et auquel nous renvoyons le lecteur désireux d'approfondir la question.

M. Remak est venu à Paris pour y faire constater les résultats de sa méthode par des commissaires nommés par les Académies des sciences et de médecine. L'hôpital de la Charité a été choisi comme lieu de démonstration, et plusieurs succès éclatants ont déjà été obtenus sur des malades de cet hôpital. M. Claude Bernard en a témoigné lui-même.

Pourquoi faut-il ajouter que le savant étranger qui venait à Paris dans un but purement scientifique et humanitaire, a été reçu par quelques-uns de ses confrères français comme un concurrent, ou même comme un homme dangereux !

### Collége de France. — Programme des cours scientifiques du premier semestre 1864-1865.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — M. SERRET, membre de l'Institut, Académie des sciences, traitera de la Variation des arbitraires et des applications de cette théorie à l'astronomie, les mardis et vendredis, à dix heures et demie.

MATHÉMATIQUES. — M. LIOUVILLE, membre de l'Institut, Académie des sciences, traitera de diverses questions d'analyse, les jeudis et samedis, à deux heures.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET MATHÉMATIQUE. — M. BERTRAND, membre de l'Institut, Académie des sciences, exposera quelques Théories de calcul intégral et leurs applications, les mardis et samedis, à midi.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET EXPÉRIMENTALE. — M. REGNAULT, membre de l'Institut, Académie des sciences, traitera de la Chaleur, les mercredis et vendredis, à dix heures.

CHIMIE. — M. BALARD, membre de l'Institut, Académie des sciences, traitera de l'Analyse chimique, les mercredis et samedis, à midi et demi.

MÉDECINE. — M. Claude BERNARD, membre de l'Institut, Académie des sciences, et de l'Académie impériale de médecine, traitera de la Médecine expérimentale, les vendredis et samedis, à une heure et demie.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS INORGANIQUES. — M. Élie de BEAUMONT, sénateur, membre de l'Institut, Académie des sciences, professeur. — M. Ch. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, membre de l'Institut, Académie des sciences, conservateur de la collection géologique du Collége de France, suppléant, exposera les principes de la Minéralogie comparée, et en fera plus particulièrement l'application à l'étude des silicates naturels, les mardis, à une heure et demie, et les vendredis, à deux heures.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS. — M. FLOURENS, membre de l'Institut, Académie des sciences, professeur.

*Nota.* — M. Flourens ne fera pas son cours cette année ; son suppléant sera ultérieurement indiqué.

EMBRYOGÉNIE COMPARÉE. — M. COSTE, membre de l'Institut, Académie des sciences, traitera de l'ensemble des phénomènes que les animaux présentent dans leur développement, les mardis et samedis, à une heure.

L'ouverture de ce cours aura lieu à la fin de janvier prochain.

CHIMIE ORGANIQUE. — M. BERTHELOT, chargé du cours, traitera des Alcools et spécialement des Alcools polyatomiques, les mardis et vendredis, à midi et demi.

HISTOIRE DE LA MÉDECINE. — M. DAREMBERG, chargé du cours, exposera l'Histoire générale de la médecine depuis les temps les plus anciens jusqu'à nos jours, les mardis et vendredis, à midi.

### Faculté des sciences. — Programme des cours du premier semestre 1864-1865.

GÉOMÉTRIE SUPÉRIEURE. — Les mercredis et vendredis, à midi et demi. M. CHASLES, professeur, a ouvert son cours le vendredi 25 novembre. Il expose la Théorie générale des surfaces réglées du troisième et du quatrième ordre.

ALGÈBRE SUPÉRIEURE. — Les lundis et mercredis, à huit heures et demie. M. DUHAMEL, professeur, a ouvert son cours le lundi 21 novembre. Il traite des infiniment petits avant l'invention du calcul différentiel, et montrera comment ils se sont présentés aux anciens et aux modernes. Il examinera particulièrement l'usage qu'en a fait Newton pour l'expression des forces dans le mouvement curviligne, et la détermination de la loi d'attraction. Il s'occupera ensuite de la Théorie des séries et du développement des fonctions en séries trigonométriques. Il terminera par quelques applications à la physique générale.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL. — Les jeudis et samedis, à neuf heures. M J. A. SERRET, professeur, a ouvert son cours le jeudi 24 novembre. Il traite du Calcul différentiel.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — Les mercredis et vendredis, à dix heures. M. LIOUVILLE, professeur, a ouvert son cours le mercredi 23 novembre. Il traitera de la Composition des forces et des lois générales de l'équilibre et du mouvement.

ASTRONOMIE. — Les lundis et jeudis, à dix heures et demie. M. PUISEUX, professeur, a ouvert son cours le lundi 21 novembre. Il traite de la Mécanique céleste.

CALCUL DES PROBABILITÉS ET PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — Les mardis et samedis, à dix heures et demie. M. LAMÉ, professeur. M. VERDET a ouvert son cours le mardi 22 novembre. Il expose la théorie mécanique de la chaleur.

MÉCANIQUE PHYSIQUE ET EXPÉRIMENTALE. — Les mardis et samedis, à midi. M. DELAUNAY, professeur, a ouvert son cours le mardi 22 novembre. Il traite des principales Machines employées dans l'industrie, et spécialement des Machines motrices.

PHYSIQUE. — Les mardis et samedis, à une heure et demie. M. P. DESAINS, professeur, a ouvert son cours le mardi 22 novembre. Il traite de la Chaleur, du magnétisme, de l'électricité, de l'électro-magnétisme et de leurs principales applications.

CHIMIE. — Les lundis et jeudis, à midi et demi. M. BALARD, professeur, a ouvert son cours le lundi 21 novembre. Il expose les lois générales de la Chimie ; il fera l'histoire particulière des Corps non métalliques et de leurs combinaisons soit entre eux, soit avec les métaux.

ZOOLOGIE, ANATOMIE, PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — Les mardis et samedis, à trois heures et demie. M. MILNE EDWARDS, professeur, a ouvert son cours le mardi 22 novembre. Il traite de l'Anatomie comparée et de la physiologie des animaux.

MINÉRALOGIE. — Les mercredis et vendredis, à une heure trois quarts. M. DELAFOSSE, professeur, a ouvert son cours le mercredi 23 novembre. Après avoir exposé les propriétés générales des minéraux, il fera l'histoire des principales espèces, et plus particulièrement de celles de la classe des métaux.

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 2. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 10 DÉCEMBRE 1864.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences. — Académie de médecine. — Société de chirurgie.**

SOCIÉTÉ CHIMIQUE. — **Chimie générale.** — Conférences de **M. H. Sainte-Claire Deville** : Des phénomènes de dissociation.

**Note sur la dissociation de l'oxyde de carbone,** par **M. H. Sainte-Claire Deville.**

HOPITAL DE LA CHARITÉ. — **Physique médicale.** — Conférences de **M. Remak** (de Berlin) : Application du courant constant au traitement des névroses.

FACULTÉ DE MÉDECINE. — **Histologie.** — Cours de **M. Robin** : Considérations générales sur les tissus.

FACULTÉ DES SCIENCES. — **Physiologie générale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XIV. Des mouvements réflexes.

CHRONIQUE. — Ouverture du cours de **M. Lasègue.**

Paris, 9 décembre 1864.

L'Académie des sciences ne nous fournit point cette semaine beaucoup de documents d'un intérêt assez général pour s'adresser à la majorité de nos lecteurs. Une communication de M. Morin sur un nouveau système de foyer employé en Angleterre, qui permet de chauffer une salle de 100 mètres cubes environ à 9 ou 10 degrés au-dessus de la température ambiante, avec une consommation de houille de 1 kilogramme à 1 kilogramme un quart par heure ;— une note de M. Caron sur la cémentation du fer, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville; — un travail sur la communication des maladies contagieuses dans les hôpitaux, notamment la variole, avec les moyens d'y remédier, et des recherches nouvelles sur les fonctions et les maladies du système nerveux cérébro-spinal, présentées par M. Rayer; — enfin le récit d'un voyage scientifique en Perse, et une note destinée à combattre les opinions de M. Trémot sur la mutation des races humaines : tel est à peu près le bilan de la séance de lundi dernier.

A la Société de chirurgie, la construction prochaine du nouvel Hôtel-Dieu avait mis à l'ordre du jour la question des hôpitaux. M. Gosselin a soutenu que de grands hôpitaux élevés au milieu de Paris pouvaient être dans d'aussi bonnes conditions hygiéniques que de petits hôpitaux placés à la campagne. Ce discours a soulevé une vive discussion, à laquelle ont pris part MM. Blot, Giraldès, Danyau, Larrey, Houël, Trélat, etc., en général pour combattre les conclusions de M. Gosselin.

L'Académie de médecine nous fournit cette semaine un document d'une haute importance : c'est un rapport de M. Lélut sur un travail présenté par M. le docteur Dax sous ce titre : *Observations tendantes à prouver la coïncidence constante des dérangements de la parole avec une lésion de l'hémisphère gauche du cerveau.* M. le docteur Dax cite à l'appui de ses opinions plus de 140 observations qui semblent bien établir, en effet, que les dérangements de la parole sont toujours dus aux lésions de l'hémisphère gauche du cerveau, l'hémisphère droit y restant parfaitement étranger. Il résulterait de ce système que chacun des hémisphères cérébraux pourrait être le siége de fonctions différentes. M. Lélut repousse complétement de pareilles idées, et soutient que, comme tous les organes doubles, les deux hémisphères du cerveau fonctionnent toujours d'une manière concomitante et réunissent leur influence pour produire les mêmes phénomènes. Il cite une observation publiée par lui dans le *Journal*



Digitized by Google

*hebdomadaire de médecine* du 20 février 1830 : il s'agissait d'un épileptique chez lequel la réduction en bouillie de tout l'hémisphère gauche du cerveau n'avait pas même été soupçonnée, et avait laissé la parole intacte jusqu'au dernier moment. M. Lélut cite aussi un cas d'altération carcinomateuse du cervelet, dans lequel l'hémisphère gauche du cerveau était parfaitement sain, et qui avait entraîné une grave altération de la parole. Il rappelle enfin que les aliénés atteints de démence avec paralysie générale présentent souvent de remarquables altérations de la parole, bien qu'ils n'aient d'autre lésion au cerveau qu'une adhérence inflammatoire des méninges à toute la surface de cet organe.

« *Mon siége est fait sur ces questions* », disait M. Lélut en terminant, et je ne veux entrer dans aucune discussion de faits ou de principes à l'occasion du mémoire de M. Dax. M. Bouillaud a néanmoins annoncé l'intention de contester les conclusions du rapport de M. Lélut, et il est difficile que ce dernier évite la discussion. Nous tiendrons nos lecteurs au courant de cette intéressante controverse, si toutefois elle se produit.

Nous donnons aujourd'hui la première conférence de M. Remak à la Charité, lue par lui à la commission de l'Académie des sciences chargée d'examiner ses expériences; — et nous publions en même temps un compte rendu des travaux récents de M. H. Sainte-Claire Deville sur les *dissociations*, avec la note qu'il a remise la semaine dernière à l'Académie des sciences, sur de nouvelles expériences relatives à la dissociation de l'oxyde de carbone.

ÉMILE ALGLAVE.

---

## SOCIÉTÉ CHIMIQUE.

### CHIMIE GÉNÉRALE.

CONFÉRENCES DE M. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE (de l'Institut).

#### Des phénomènes de dissociation.

M. H. Sainte-Claire Deville a entrepris toute une série de travaux remarquables sur des phénomènes encore inconnus auxquels il a donné le nom de phénomènes de dissociation. Il a exposé ses principales expériences et les idées auxquelles elles l'avaient conduit, dans deux conférences faites à la Société chimique, dont nous allons rendre compte d'une manière succincte, sans oublier néanmoins aucun point un peu important.

Trois expériences ont servi de point de départ à M. H. Sainte-Claire Deville. La première est celle de Grove sur la décomposition de l'eau par le platine incandescent. La seconde est une note de Gay-Lussac et Thenard dans leur mémoire sur le potassium (*Recherches physico-chimiques*). Enfin la troisième est une expérience de M. Regnault, relative à l'action qu'exerce la vapeur d'eau sur l'argent à une haute température.

Grove fondait un long fil de platine, de manière à en faire une sphère qu'il plongeait dans l'eau, et il se dégageait alors un mélange d'oxygène et d'hydrogène. Il disposait aussi l'expérience d'une autre façon. Il faisait arriver au milieu d'un vase plein d'eau distillée très-pure un fil de platine qu'il portait au rouge au moyen d'un courant électrique, et le long de ce fil se dégageait encore un mélange d'oxygène et d'hydrogène provenant évidemment de l'eau : l'eau avait donc été décomposée. M. H. Sainte-Claire Deville a répété cette expérience avec M. Debray sur une grande échelle : ils versaient dans l'eau un ou deux kilogrammes de platine, et voyaient aussitôt se dégager de grosses bulles de gaz produisant une explosion lorsqu'on les enflammait, ce qui prouve qu'on avait affaire à un mélange détonant.

La note de Gay-Lussac et Thenard ne comprend que cinq ou six lignes, mais elle suffit à montrer combien d'incertitudes restaient encore dans l'esprit de ces savants sur la manière dont il fallait expliquer la fabrication du potassium au moyen du fer. Leur expérience consistait à placer au milieu d'un fourneau à haute température un canon de fusil contenant de la potasse dans sa première partie, et de la tournure de fer parfaitement décapée dans sa partie moyenne, avec un récipient pour recueillir les produits de l'opération. La préparation du potassium étant terminée, les opérateurs firent scier le canon de fusil en plusieurs endroits, et constatèrent avec étonnement que le fer tendait surtout à s'oxyder dans la partie la moins chauffée, tandis que les endroits où la chaleur était maximum ne portaient presque aucune trace d'oxydation.

M. H. Sainte-Claire Deville répéta l'expérience de Gay-Lussac et Thenard, au moyen d'une bouteille à mercure, remplie de fer chimiquement pur, et placée au milieu d'un fourneau à réverbère. Cette bouteille portait à sa partie supérieure un entonnoir de fer muni à sa base d'une espèce de soupape qui permettait de faire entrer dans la bouteille la potasse liquide introduite par la partie béante de l'entonnoir. Au bout de vingt minutes, M. Deville obtenait 500 grammes de potassium. En faisant scier la bouteille, il put constater, comme Gay-Lussac et Thenard, que le fer restait parfaitement pur dans la partie où la chaleur était maximum, c'est-à-dire à la partie supérieure.

Cette expérience exige pour réussir une température très-élevée.

Quant à M. Regnault, il prenait un tube de porcelaine dans lequel il plaçait une petite nacelle remplie d'argent, et le tout étant porté à la température de fusion de l'argent, il faisait passer dans le tube un courant de vapeur

Digitized by Google

d'eau ; il recueillait ainsi de l'hydrogène, ce qui prouve que l'eau avait encore été décomposé. Or, il est impossible d'admettre que l'argent ait la propriété de décomposer l'eau dans ces circonstances pour s'oxyder, car l'oxyde d'argent ne peut exister à la température à laquelle on opère.

M. Deville a complété cette expérience en remplaçant l'argent par la litharge.

M. Leblanc a montré, en effet, que ce corps avait, de même que l'argent, la propriété de *rocher* en absorbant l'oxygène. M. Deville prend donc comme M. Regnault un tube de porcelaine contenant une grande nacelle de platine où il met de la litharge, et qu'il peut élever à 1200 ou 1300 degrés. A l'une des extrémités du tube, se trouve une petite cornue contenant de l'eau qu'on chauffe à l'ébullition, et dont la vapeur, en passant sur la litharge, la volatilise très-facilement. De nombreux flocons de litharge sont entraînés par le courant gazeux, et, en retirant l'oxyde de plomb restant dans l'appareil, on constate qu'il a la propriété de rocher. Cassez ensuite le tube, et vous verrez que partout où la température a été considérable, la litharge s'est combinée avec la paroi intérieure du tube de porcelaine pour former un vernis. Dans le point le plus éloigné de l'appareil, on trouve de la litharge floconneuse, et assez près du fourneau, une couronne de plomb métallique. Supposer que la litharge peut décomposer l'eau pour se suroxyder est une hypothèse impossible. Ce sont donc les travaux de M. Leblanc qui nous donnent l'explication véritable du phénomène. En effet, l'eau est décomposée comme dans l'expérience de M. Grove, et une partie de l'oxygène libre est absorbée par la litharge. Il s'échappe de la litharge en vapeur avec de grandes quantités d'oxygène et d'hydrogène, et tant qu'on a un pareil mélange, il n'y a aucune raison pour que l'oxyde de plomb soit réduit par l'hydrogène. Quand l'eau s'est reformée par suite de l'abaissement de la température, l'hydrogène devenu libre a réagi sur la litharge.

Cherchons maintenant l'explication naturelle de tous ces faits.

L'expérience de Grove est très-simple. Il est évident que la chaleur peut décomposer l'eau en ses éléments : le platine ne fait qu'apporter cette chaleur, et ce sont les gaz produits par la décomposition qui s'échappent de l'appareil.

L'expérience de Gay-Lussac et Thenard est plus compliquée, et voici comment M. Deville en rend compte. Prenons un canon de fusil ou une bouteille à mercure disposée comme on l'a vu plus haut, et chauffons le tout à la température que subissait la partie du fer contenant de la potasse : aucun effet ne se produira ; nous retrouverons cette combinaison d'eau et de potasse telle qu'elle avait été mise avant l'expérience. Mais chauffons, au contraire, à la température que produisaient Gay-Lussac et Thenard, et nous aurons du potassium, en quantité minime, il est vrai, comparativement à la quantité de potasse employée. La chaleur est donc indispensable à la production du phénomène ; mais quel rôle y a-t-elle joué? Elle a décomposé l'eau aussi bien que la potasse ; et le gaz qui passe sur le fer, c'est un mélange d'oxygène, d'hydrogène et de potassium, mélange qui ne s'altère pas, tant que la température reste le plus élevée possible. La difficulté est de comprendre comment le fer peut fixer de l'oxygène en présence du potassium. Voici ce qui doit arriver : le fer prend immédiatement ce qu'il est susceptible de s'approprier, c'est-à-dire l'oxygène, qu'il trouve libre à cette haute température ; puis une petite quantité d'oxyde est décomposée par le potassium, et le dépôt de la potasse qui en résulte entoure cet oxyde d'un vernis qui le préserve ainsi contre une décomposition complète. En donnant au phénomène le temps de passer par toutes ses phases, l'action chimique deviendra donc nulle, et il y aura tout simplement volatilisation de la potasse.

Reste l'expérience de M. Regnault, qu'il est impossible de comprendre sans admettre que l'eau était décomposée en ses deux éléments. M. Deville a complété, du reste, cette démonstration en remplaçant l'argent par la litharge ou oxyde de plomb, comme nous l'avons expliqué plus haut.

Dans une autre expérience, faite en commun avec le capitaine Caron, M. H. Sainte-Claire Deville voulait déterminer l'influence d'un corps réducteur quelconque, et particulièrement de l'hydrogène, sur le chlorure de magnésium. Dans un fourneau à haute température, il installait un tube de porcelaine contenant une nacelle où il mettait du chlorure de magnésium distillé ; ce tube, complétement vide dans le reste de son étendue, se terminait par une allonge à la suite de laquelle était un tube en U contenant un peu d'eau. Dans les parties de l'appareil le plus fortement échauffées, le chlorure de magnésium est en partie décomposé, et l'on trouve en même temps, dans les parties froides, du chlorure de magnésium cristallisé qui a été simplement volatilisé. Mais il s'échappe aussi une vapeur très-ténue qui traverse tout l'appareil à l'état de fumée.

Dans ces vapeurs se trouve, outre le chlorure de magnésium, de l'acide chlorhydrique libre qu'il est facile de mettre en évidence en versant du carbonate de chaux dans l'eau du tube en U. Si l'on chauffe fortement les parties du tube de porcelaine qui ont subi l'action du chlorure de magnésium à une haute température, après les avoir préalablement concassées, on obtient un verre parfaitement limpide, au milieu duquel se trouvent des globules de silicium. En effet, le chlorure de magnésium étant décomposé par la chaleur, le chlore s'est emparé de l'hydrogène, et le magnésium a rencontré la silice, qu'il a la propriété de réduire, de sorte que le silicium s'est trouvé mis en liberté. Voilà donc la décomposition spontanée, sous l'influence de la chaleur, parfaitement établie dans ce cas.

Ce n'est point là une particularité : beaucoup d'autres

Digitized by Google

corps, l'eau par exemple, sont susceptibles de se décomposer sous l'influence de la chaleur, et l'on peut mettre cette décomposition en évidence, soit par l'expérience de Grove, soit par la dissolution de l'oxygène, comme dans l'expérience de M. Regnault, soit enfin par la diffusion. Voici l'appareil dont se sert M. Deville pour démontrer ce dernier point. Il se compose d'un tube de porcelaine dans l'intérieur duquel se trouve un tube plus petit de terre poreuse, argile cuite, grès non vernissé, terre de pipe ou autre matière analogue. Ce système est placé dans un fourneau à température très-élevée. Dans l'intérieur du plus petit tube, on fait passer de l'acide carbonique qui vient barbotter à travers une certaine quantité d'eau introduite dans une cornue soudée et portée à la température de 80 à 85 degrés, avec une tension d'une demi-atmosphère. Dans l'intervalle annulaire qui sépare les deux tubes, on fait passer de l'acide carbonique pur; cet espace annulaire se termine par un tube abducteur communiquant avec le tube de terre poreuse. Voici maintenant ce qui se passe : l'eau est décomposée, et, par suite de l'action de la terre poreuse, ses deux éléments sont séparés.

Si, au lieu d'employer l'eau, on employait l'acide carbonique pur, on le décomposerait également par le simple effet de la chaleur, sans employer aucun intermédiaire.

Avant d'aller plus loin et de chercher l'explication de ces phénomènes qui pourraient passer pour paradoxaux, il faut nous rendre un compte exact de la décomposition d'un corps composé, et des phénomènes qui accompagnent sa combinaison.

*La combinaison des corps entre eux*, dit M. H. Sainte-Claire Deville, *présente tous les caractères de la condensation des vapeurs : c'est un phénomène susceptible d'être rapproché par tous ses détails du phénomène de la condensation de la vapeur d'eau, par exemple.*

Donnons ici quelques développements.

Pour Lavoisier, l'oxygène n'était pas un corps simple; c'était un composé formé d'un radical combiné avec le calorique, car Lavoisier regardait cet agent comme une matière qu'on n'avait pas encore su peser jusque-là, mais qui pourrait l'être plus tard. Aujourd'hui les idées ont changé, et la théorie mécanique de la chaleur, introduite en France par M. Verdet, commence à rendre classique parmi nous une manière bien différente d'envisager les phénomènes. Mais cette théorie elle-même rendra sans doute de grands services aux idées que nous exposons.

D'après Lavoisier, disions-nous, l'oxygène contient du calorique; nous pouvons donc admettre que l'hydrogène en contient aussi, et l'on voit en effet que, lorsque ces deux corps se combinent, il y a dégagement de chaleur. Quand un corps possède une certaine quantité de chaleur dont le thermomètre n'accuse pas l'existence, — et c'est ici notre cas, — on dit que cette chaleur est latente. Mais la chaleur latente de l'hydrogène et de l'oxygène est-elle la même que la chaleur latente contenue dans la vapeur d'eau? Nulle raison n'autorise à supposer le contraire; car, si le mélange d'oxygène et d'hydrogène diffère de l'eau en vapeur, c'est parce que ce dernier corps ne contient plus la chaleur qui s'est dégagée au moment de la combinaison. A ce moment, il y a eu changement d'état. Ce changement consiste tout simplement dans le passage de l'état de liberté à l'état de combinaison, et il est caractérisé par tous les phénomènes qui accompagnent d'ordinaire le dégagement de chaleur latente, notamment la constance de la température. Lorsque vous faites brûler de l'hydrogène dans l'oxygène, il y a donc production d'eau et changement d'état; par suite, la température reste fixe.

Les expériences de MM. Deville et Debray ont démontré que la température fixe de combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène était de 2500 degrés environ. Supposons pour le moment que cette température soit très-exactement déterminée : il est bien clair que si l'on prend de l'eau à zéro, qu'on la porte successivement à 100 degrés pour la transformer en vapeur, et qu'on chauffe ensuite cette vapeur jusqu'à 2500 degrés, on remettra la vapeur d'eau absolument dans le même état que lors de sa formation. Dès lors, toute quantité de chaleur qu'on lui ajoutera devra devenir latente et servir à remettre l'hydrogène et l'oxygène dans leur état de séparation primitive. Comme rien n'intervient dans ces phénomènes que la chaleur et les éléments mis en présence, il est impossible que les effets directs de la combinaison ne soient pas suivis des effets inverses de la décomposition; les premiers étant déterminés par un dégagement de chaleur latente, les seconds par une absorption de chaleur latente, les températures de combinaison et de décomposition relatives à l'eau devront être fixes et égales entre elles, — exactement comme les températures d'ébullition de l'eau et de condensation de la vapeur, — en supposant que les conditions de pression n'aient pas varié.

D'après les expériences de MM. Deville et Debray, faites pour déterminer la température de combustion de l'hydrogène dans l'oxygène, on peut affirmer que cette température n'excède pas 2500 degrés. C'est le point où les gaz occupent un volume à peu près décuple de leur volume pris à 0 degré; c'est la limite au-dessus de laquelle l'eau est entièrement décomposée. Mais cette décomposition, comme on l'a vu, est accompagnée d'une absorption de chaleur latente considérable, nécessaire pour maintenir les molécules d'hydrogène et d'oxygène à une distance plus grande que le rayon de la sphère de leur affinité. Ainsi, le phénomène de la décomposition est en tout semblable au phénomène de l'ébullition des liquides, dont le caractère principal est l'invariabilité de la température sous l'influence d'un foyer de chaleur quelconque, pourvu que la pression soit constante. En résumé, la vapeur d'eau ne peut résister à l'action d'une température qui en décuple le volume pris à 0 degré; et alors elle se décompose pendant que ses éléments absorbent de la chaleur latente que j'appellerai chaleur latente de

Digitized by Google

décomposition, dont l'existence et la qualité sont faciles à démontrer.

On admet aujourd'hui, d'après M. Clausius, que la chaleur spécifique des gaz ou des vapeurs ne varie pas avec la température, et cette loi a été vérifiée pour l'air, entre 30 degrés et 225 degrés. La quantité de chaleur produite par la combinaison d'un gramme d'hydrogène avec 8 grammes d'oxygène (9 grammes d'eau) est de 34 500 calories, d'après les nombres obtenus par Dulong, et par MM. Favre et Silbermann ; par conséquent, 3833 calories résultent de la formation d'un gramme d'eau. Or, la quantité de chaleur qu'absorbe un gramme d'eau pour passer de 0 degré à 2500 degrés est donnée par la formule :

$$637 + (2500 - 100)\ 0{,}475 = 1680,$$

dans laquelle 637 représente la quantité de chaleur qu'il faut donner à un gramme d'eau pour transformer ce liquide en vapeur à 100 degrés, et le terme (2500—100) 0,475 représente la chaleur qu'il faut donner à cette vapeur pour la porter de 100 à 2500 degrés.

La différence entre 3833 et 1680 calories, c'est-à-dire 2153 calories, représente le chiffre de la chaleur latente de décomposition de l'eau, chaleur absorbée par ses éléments au moment de leur séparation.

Voilà ce que c'est que la chaleur latente de décomposition. On voit donc que les phénomènes de combinaison et les phénomènes de cohésion sont en tous points comparables : la décomposition correspond à la volatilisation, et la combinaison à la condensation. Ces phénomènes sont comparables, disons-nous, mais ils ne sont pas identiques.

L'oxygène et l'hydrogène se combinent pour former de l'eau à la température de 2500 degrés. Or, dans les expériences qu'il a faites en commun avec M. Debray, M. H. Sainte-Claire Deville décomposait l'eau en y plongeant du platine fondu ; et cependant le platine fond à la température de 2000 degrés environ. Comment donc peut-il se faire que l'eau se décompose au-dessous de son point fixe de décomposition ? Cela demande évidemment une explication, et cette explication, la voici. On vient de comparer la décomposition à l'ébullition, continuons cette comparaison. L'eau qui bout à 100 degrés émet des vapeurs même au-dessous de cette température, parce que la vapeur d'eau ayant toujours une certaine tension, peut se volatiliser au-dessous de 100 degrés, à la pression ordinaire. Si l'on continue la comparaison commencée tout à l'heure, on peut comparer à la volatilisation de l'eau au-dessous de son point d'ébullition la décomposition de la vapeur au-dessous de son point fixe de décomposition. C'est ce phénomène que M. Deville appelle dissociation, et qui peut être mesuré en millimètres de mercure, comme l'évaporation est mesurée par la tension d'un liquide à une température déterminée. C'est ce point de vue que les expériences de M. H. Sainte-Claire Deville ont eu surtout pour but de mettre en relief. Enfin, il faut bien admettre aussi, — les expériences de M. Regnault le prouvent, — que les quantités de chaleur contenues dans chaque corps ont une influence considérable sur leurs propriétés. Les expériences de M. Schötter sur le phosphore, et celles de M. Charles Sainte-Claire Deville sur le soufre, montrent que les propriétés chimiques des corps simples sont dans une étroite dépendance vis-à-vis de leurs propriétés physiques, et que celles-ci, à leur tour, dépendent de même des quantités de chaleur qu'ils contiennent. Il résulte aussi de ces expériences que lorsque deux corps se combinent sans changer d'état, il y a contraction, et plus ces corps conservent de chaleur qui serait perdue à l'état sensible, plus ils jouissent de propriétés chimiques énergiques : l'eau et l'acide sulfurique en sont un exemple.

Maintenant, comment comprendre qu'un seul corps ait deux, trois, quatre formes distinctes ? On ne peut évidemment y arriver qu'en admettant la fixation de quantités de chaleur différentes, ce qui peut, sans aucun doute, constituer les corps à des états différents.

Mais l'étude de la flamme du chalumeau à gaz oxygène et hydrogène peut soulever encore des difficultés qu'il est nécessaire de résoudre. Cette flamme, conique dans sa forme générale, et plus ou moins renflée vers son milieu, atteint une température très-élevée. Les travaux de Dulong, combinés avec ceux de MM. Favre et Silbermann, prouvent qu'il se développe une quantité de calorique suffisante pour porter la température à 6500 degrés. Cependant, c'est dans cette flamme que s'opère la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène, et, dès lors, la température doit y être de 2500 degrés seulement, d'après ce que nous avons dit plus haut. Comment expliquer cette anomalie ? D'une manière bien simple, en se reportant à ce qui arrive à la vapeur d'eau, lorsqu'elle s'échappe par une ouverture étroite. Le jet de gaz oxygène et hydrogène que fournit le chalumeau ressemble tout à fait à ce jet de vapeur d'eau. Or, dans ce jet, la vapeur reste gazeuse et invisible au milieu de l'air, tant que le refroidissement n'en amène pas la condensation. Il en est de même du jet de gaz oxygène et hydrogène : la flamme ne pourra s'y produire par la combinaison de ces deux gaz que lorsqu'il se sera refroidi au contact de l'air jusqu'à 2500 degrés, température de combinaison de l'eau ; jusque-là vous avez toujours un mélange d'hydrogène et d'oxygène. Si la flamme se manifeste d'une manière continue, et sur un espace sensible, c'est donc parce que la température s'abaisse au-dessous de 2500 degrés à la périphérie du jet gazeux ; le centre est toujours formé d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène à la température de 2500 degrés et qui ne sont pas encore combinés, de même que le centre d'un jet de vapeur d'eau contient de la vapeur non condensée.

Voilà comment on peut s'expliquer l'existence de la flamme à l'extrémité du chalumeau. Ceux qui ont été à même de voir brûler de grandes masses d'oxygène et d'hydrogène dans un espace porté à une température

Digitized by Google

très-élevée, ont dû remarquer, du reste, que la flamme est toujours excessivement longue, et que la combinaison ne se fait jamais d'une manière complète, tant que la température est maximum; elle s'opère donc souvent assez loin, parce qu'elle a dû attendre, pour se produire, le refroidissement du mélange gazeux.

Après avoir développé les idées théoriques que nous venons d'exposer, M. H. Sainte-Claire Deville en a fait l'application aux lois de Gay-Lussac. Ce sera l'objet d'un second article.

ÉMILE ALGLAVE.

---

**Expériences nouvelles sur la dissociation de l'oxyde de carbone**, note présentée à l'Académie des sciences, le 28 novembre 1864, par M. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE.

« J'ai eu l'honneur d'entretenir l'Académie de ces phénomènes singuliers de décomposition qu'éprouvent les corps soumis à l'action de la chaleur. L'eau et l'acide carbonique, qui au moment de leur formation développent une température si élevée, présentent cette propriété en apparence paradoxale, de se réduire partiellement en leurs éléments, lorsqu'on les chauffe à un point bien plus bas que le point fixe de leur décomposition totale ou de la combinaison des corps simples qui les constituent. J'ai comparé les phénomènes de combinaison ou de décomposition totales aux phénomènes de l'ébullition ou de la condensation des vapeurs : ils s'accompagnent dans les mêmes circonstances de dégagement ou de fixation de chaleur latente. J'ai assimilé la décomposition partielle, que j'ai appelée *dissociation*, à l'évaporation des substances volatiles au-dessous de leur point d'ébullition, en définissant la tension de dissociation de la même manière que la tension des vapeurs.

» Sur certains corps composés, comme l'eau et l'acide carbonique, dont les éléments gazeux ont la propriété de se combiner de nouveau lorsqu'ils ont été séparés à une température élevée, j'ai dû employer un système d'expérimentation particulier qui a été déjà décrit dans les divers Mémoires que j'ai publiés sur ce sujet. Pour l'oxyde de carbone, qui se réduit en charbon et oxygène, c'est-à-dire en une matière solide et une matière gazeuze, il fallait un autre genre d'appareils, dont la description sera le sujet de cette note.

» On sait que l'étincelle électrique décompose un grand nombre de corps. Or, d'après toutes les probabilités, l'étincelle n'agit sur eux que par la chaleur énorme qu'elle développe; il m'a donc semblé que, si cette décomposition n'était pas toujours suivie d'une combinaison nouvelle des éléments séparés, cela peut tenir à ce que ceux-ci sont mis en contact immédiatement avec une atmosphère en mouvement et relativement très-froide. En effet, la masse ou le nombre des molécules de gaz violemment chauffées au moment de la décharge est très-petit, à cause de la petitesse du trait de feu par rapport à la masse gazeuse ambiante dont la température varie à peine. On réalise toutes ces conditions, sans l'intervention de l'électricité, de la manière suivante :

« On prend un tube de porcelaine que l'on place dans un fourneau où l'on peut développer une température très-élevée ; on ferme l'extrémité de ce tube au moyen de bouchons de liége percés chacun de deux trous. Deux de ces trous laissent passer un petit tube de verre, qui sert d'un côté à amener le gaz dans le tube de porcelaine, et de l'autre côté à le faire sortir de l'appareil. Les deux trous restants permettent de disposer, suivant l'axe du tube de porcelaine, un tube mince de 8 millimètres de diamètre et de laiton que traverse constamment un rapide courant d'eau froide. Enfin, deux petits écrans de porcelaine dégourdie séparent intérieurement les parties du tube de porcelaine qui doivent être chauffées, et celles qui, sortant du fourneau, restent à peu près froides.

» L'appareil étant ainsi disposé, on dirige dans le tube de porcelaine un courant d'oxyde de carbone pur et sec, provenant d'appareils qui en débitent très-régulièrement de 4 à 6 litres par heure (1). Le gaz sortant du tube de porcelaine passe dans un tube de Liebig ou dans l'eau de baryte, au moyen desquels on peut peser l'acide carbonique ou en démontrer la présence. L'acide carbonique devient apparent dès que le tube de porcelaine est chauffé au rouge vif. L'oxyde de carbone s'est donc décomposé en oxygène, dont une partie, sinon la totalité, a été employée à faire de l'acide carbonique, et en charbon, qui se fixe à l'état de noir de fumée sur le tube de laiton qui traverse le tube de porcelaine de part en part. Ce tube de laiton, même dans les parties les plus chaudes, est refroidi à 10 degrés environ par le courant d'eau continu. La masse de cette eau est telle, qu'en traversant le tube incandescent, elle ne s'échauffe pas sensiblement.

» On a donc ainsi, dans un espace restreint, une surface cylindrique de porcelaine violemment chauffée, et une surface de laiton concentrique très-froide. Les molécules d'oxyde de carbone qui s'échauffent dans les parties inférieures du tube de porcelaine s'élèvent rapidement, après s'être décomposées partiellement en oxygène et charbon; mais ce courant rencontre la paroi froide et rugueuse du tube de laiton, et les particules de charbon s'y fixent mécaniquement. A partir de ce moment, refroidies comme elles le sont par l'eau qui circule dans le tube de métal, elles échappent désormais à l'action de l'oxygène ou de l'acide carbonique que cet oxygène peut former aux dépens de l'oxyde de carbone en excès. On retrouve en effet le tube de laiton noirci par le charbon, quand on démonte l'appareil avec précaution, et la quantité qu'on en recueille est en rapport avec la quantité d'acide carbonique fixé dans le tube de Liebig placé à la suite du tube de porcelaine.

» Si ma manière de concevoir le phénomène est exacte, on ne doit trouver du charbon que sur les parties inférieures du tube de laiton, les seules qui reçoivent le choc des molécules gazeuses au moment où elles s'élèvent par suite de leur

---

(1) L'oxyde de carbone est préparé avec de l'acide oxalique effleuri et de l'acide sulfurique concentré. Le mélange gazeux traverse plusieurs flacons contenant de la lessive de potasse et plusieurs éprouvettes tubulées renfermant des fragments de potasse monohydratée. L'oxyde de carbone passe ensuite dans un tube de fer rempli de fils de fer fin chauffé au rouge. Pour le débarrasser de l'acide carbonique qui se produit alors sous l'influence du fer, on le met en contact de nouveau avec la potasse d'un tube de Liebig et des fragments de potasse contenus dans des tubes en U. J'étais sûr, en opérant ainsi, d'exclure toute trace d'air ou de gaz carburés. Le ballon contenant l'acide sulfurique et l'acide oxalique est chauffé avec un appareil à gaz donnant une chaleur constante qu'on règle à volonté au moyen d'un robinet très-sensible.

Digitized by Google

échauffement au contact de la paroi inférieure du tube de porcelaine. C'est en effet ce que j'ai toujours constaté dans les nombreuses expériences que j'ai faites avec cette sorte d'appareils.

» On voudra bien observer que le mode d'expérimentation que je viens de décrire est susceptible d'une grande extension et d'un grand nombre d'applications.

» D'abord, en faisant une fente très-fine dans le tube de laiton aux endroits où les gaz qui peuvent subir son contact sont le plus violemment chauffés, et en faisant écouler l'eau au moyen d'un tube vertical suffisamment long, on aura une sorte de trompe au moyen de laquelle on pourra aspirer les gaz les plus chauds, les refroidir brusquement au contact de l'eau et les recueillir dans une éprouvette qui les séparera de l'eau, en mouvement. Un appareil de ce genre, ou convenablement modifié, permettrait de puiser des gaz dans un fourneau et d'étudier le développement de la combustion dans les longues flammes. Je le recommande aux savants que leur position met à même de faire des études de ce genre.

» J'ai fait recouvrir mes tubes de laiton avec des métaux plus ou moins sensibles aux diverses substances résultant de la destruction par le feu des composés volatils ou gazeux, et je compte les appliquer à l'étude des dissociations en les plongeant dans l'acide sulfureux, l'acide chlorhydrique et d'autres gaz soumis à l'action de la chaleur.

» Pour donner une idée de la manière étrange dont cet appareil fonctionne, je dirai qu'on peut impunément enduire le tube métallique des substances organiques les plus altérables, telles que la teinture de tournesol, les plonger dans le brasier ardent au milieu duquel j'opère, et constater ainsi certaines décompositions. Si la couche de substance altérable est suffisamment mince, elle sera toujours protégée contre l'action du feu par le courant d'eau fraîche qui traverse le tube métallique. Il suffit que celui-ci ait de minces parois, et que sa matière soit conductrice de la chaleur. La masse du gaz très-chaud étant absolument insensible par rapport à la masse de l'appareil réfrigérant, la conductibilité des gaz étant à peu près nulle, le refroidissement de la matière expérimentée sera toujours subit, et l'on se mettra dans les conditions qu'on réalise sans le vouloir, ou sans le savoir au moyen de l'étincelle électrique. »

H. Sainte-Claire Deville.

---

## HOPITAL DE LA CHARITÉ.

## PHYSIQUE MÉDICALE.

CONFÉRENCE DE M. REMAK
(de Berlin).

### Sur l'application du courant constant au traitement des névroses.

Messieurs,

Je suis venu à Paris pour démontrer, au moyen des appareils qui se trouvent sous vos yeux, les effets physiologiques et thérapeutiques du courant galvanique constant sur l'homme sain et sur l'homme malade.

Ainsi que vous le savez, mes expériences ont été soumises au jugement de l'Académie des sciences et de l'Académie de médecine, et c'est seulement pour éclairer les commissaires que j'entreprendrai le traitement d'un certain nombre de malades de cet hôpital.

Mais, comme vous désirez savoir en détail ce qui va se passer devant vous, je dois vous donner quelques explications préalables.

N'attendez pas une longue histoire des applications du galvanisme à la pathologie; je me bornerai à vous rappeler que l'électricité de frottement, dès sa découverte, a été employée pendant deux siècles pour le traitement des malades, et que nous possédons, surtout en France, un grand nombre d'ouvrages, cités dans le livre d'Alf. Becquerel, ayant trait à ces applications. Malheureusement, ces ouvrages ne nous apprennent pas grand'chose, car leurs auteurs ne possédaient ni les connaissances physiques, ni les connaissances pathologiques nécessaires pour l'emploi méthodique de l'électricité, et aussi parce que les cas pour lesquels on recourait alors à l'emploi de ce moyen, étaient des cas désespérés et souvent même incurables.

Ce ne fut qu'après l'immortelle découverte de la pile par Volta, que l'attention des médecins et des savants se tourna sérieusement du côté de l'électrothérapie; et pour donner idée des espérances qui furent nourries alors à cet égard, il suffit de rappeler que le consul Bonaparte voulut assister debout à la lecture du célèbre mémoire de Volta, lecture qui eut lieu à l'Institut en 1800, et mémoire qui contenait les premières indications scientifiques relatives à l'application thérapeutique du galvanisme. Plus tard, les médecins des différents pays, et Volta, le premier sur des sourds-muets, essayèrent cette application. Ces essais restèrent infructueux, non-seulement à cause du mauvais choix des cas pathologiques et du manque de connaissances physiologiques suffisantes, mais encore, et surtout, à cause de l'*inconstance et de la courte durée du courant fourni par la pile de Volta.* Même, comme les physiciens étaient parvenus à s'assurer de l'identité réelle du galvanisme et de l'électricité de frottement, on crut pouvoir se passer complétement du galvanisme, et employer cette électricité de frottement, dont l'usage était depuis longtemps fort répandu.

En 1830, Becquerel trouva le moyen de produire un courant voltaïque constant. Malheureusement, l'attention des savants s'était portée ailleurs; elle était absorbée par les travaux d'Œrsted et de Faraday, c'est-à-dire par la découverte des courants d'induction. Le premier, ainsi qu'on le sait, venait de trouver les courants magnéto-électriques, et le second, les galvano-électriques. Ces travaux donnèrent lieu à la construction des appareils de rotation et d'induction dont les médecins se sont servis jusqu'ici, pensant qu'il est indifférent que l'électricité soit dégagée de telle ou telle façon.

Tel était l'état des choses, quand, en 1855, en examinant les effets des différents courants électriques sur

Digitized by Google

l'homme sain et malade, je parvins à reconnaître que la valeur du courant galvanique constant pour le traitement des maladies est incomparablement supérieure à celle des autres courants électriques, et que, pour la plupart des cas où le courant constant a une influence heureuse, les courants d'induction sont plutôt nuisibles qu'utiles. C'est un fait démontré aujourd'hui, du moins en Allemagne, et j'ose croire, qu'après les développements dans lesquels je vais entrer, vous serez convaincus comme moi que le courant constant possède une action beaucoup plus intense et beaucoup plus bienfaisante que les autres courants, et qu'il doit cette supériorité thérapeutique à la facilité avec laquelle il permet d'introduire une grande *quantité* d'électricité dans le corps, sans secousse et sans douleur.

Je commence par la description des instruments dont je me sers.

Mon appareil se compose d'une boîte solide de bois portée par une charrette à bras, et contenant 32 éléments pesant chacun 3 kilogrammes. La boîte est fermée à sa partie supérieure par une tablette sur laquelle sont fixés trois petits appareils différents l'un de l'autre, et correspondant tous trois avec le courant.

Le premier, nommé *électeur*, est une plaque de bois verticale sur laquelle sont fixés des boutons métalliques correspondant aux éléments de la pile. Une espèce de manivelle, également métallique, se meut sur ces boutons, et permet, au moyen d'une disposition particulière, de recueillir le courant fourni par un nombre voulu d'éléments, nombre inférieur, bien entendu, à 32. Dans le cas où 32 éléments ne suffisent pas, on a des éléments additionnels enfermés dans des boîtes accessoires, et qui se peuvent facilement relier aux autres. Le deuxième petit appareil est un *galvanoscope* qui indique l'intensité approximative du courant. Le troisième, enfin, consiste en un commutateur qui sert à changer comme on l'entend la direction de ce courant.

Il est nécessaire de dire comment sont composés les éléments voltaïques dont je me sers. J'employais d'abord les éléments de Daniell, qui fournissent un courant plus constant que ceux de Grove ou de Bunsen, mais qui ont l'inconvénient de nécessiter presque tous les jours un nettoyage, à cause du dépôt cuivreux s'accumulant à la surface du cylindre poreux, par l'effet de l'endosmose qui se produit entre les deux liquides de différentes densités. Pour diminuer ce travail endosmotique, MM. Siemens et Halske, habiles fabricants d'appareils télégraphiques, à Berlin, ont imaginé de mettre la plaque de cuivre au-dessous du cylindre de zinc, en les séparant par une voûte d'argile qui est recouverte d'une couche épaisse de papier mâché. Comme le liquide le plus dense, c'est-à-dire la solution de sulfate de cuivre, se trouve à l'intérieur de la voûte d'argile, au-dessous du papier mâché qui supporte le cylindre de zinc, la décomposition endosmotique est considérablement diminuée, grâce à quoi, la durée du courant produit par cet élément est véritablement étonnante, pourvu que de temps à autre on ajoute des cristaux de sulfate de cuivre et de l'eau.

Depuis 1859 jusqu'à 1861, première époque où je me servis de cette pile, je la faisais nettoyer à peu près tous les trois mois ; mais dans ces dernières années, je me suis assuré qu'elle peut fonctionner intacte pendant dix mois, sans que le courant perde sensiblement son intensité.

Dans la plupart des cas, je me sers, pour appliquer le courant à la surface du corps, de tampons métalliques recouverts de calicot et de laine humectés d'eau, et communiquant avec l'électeur par un faisceau de fils d'argent enduit de gutta-percha ou de caoutchouc. La surface de ces tampons varie dans ses dimensions, selon l'endroit du corps où ils doivent être appliqués. Je me sers, d'ailleurs, de tampons aussi larges que les circonstances le permettent, car il s'agit presque toujours d'introduire une grande quantité d'électricité.

Je passe maintenant à un aperçu des effets généraux et des effets locaux du courant constant.

Les effets généraux de l'application prolongée du courant constant consistent en une augmentation de la chaleur du corps, en une transpiration ultérieure, et très-souvent en une prolongation de sommeil suivi d'une espèce d'allégement de tout le corps.

Les effets locaux sont extrêmement variés. Les plus curieux sont certainement les effets sur les nerfs de la sensation, d'autant plus qu'ils ne se produisent pas avec le courant induit. En touchant, par exemple, la tempe, le front ou la joue avec les électrodes d'un courant très-faible et ne produisant aucune sensation sur la peau, on détermine des *phosphènes* particuliers, semblables à une tache rayonnée qui imite, jusqu'à un certain point, la structure de la rétine. Le même phénomène a lieu en appliquant les électrodes sur n'importe quelle partie de la tête, et même du cou, jusqu'à la cinquième vertèbre verticale, où se trouve ordinairement la limite des points où cette excitation de la rétine peut être effectuée.

Le sens du goût est excité par un procédé identique avec celui qui excite le sens de la vue. En effet, le goût est stimulé en touchant avec les électrodes certains points de la face, et surtout de la nuque. Cette saveur galvanique est très-prononcée : les uns la trouvent acide, les autres amère, quelques-uns styptique, etc. On la ressent non-seulement dans la langue, mais encore dans le palais, dans les gencives et même dans l'œsophage. Il arrive souvent que la limite des points de la moelle épinière où peut être déterminée cette saveur dépasse la cinquième vertèbre cervicale, et se prolonge quelquefois jusqu'aux reins, et même jusqu'aux jambes. On peut ainsi constater que l'application locale et limitée du courant sur une partie du corps n'exerce pas seulement une action bornée entre les deux pôles, mais que la courbe électrique sortant de sa voie directe peut pénétrer jusque dans les profondeurs de l'organisme, et atteindre les centres nerveux.

Digitized by Google

On peut se rendre compte par là de plusieurs effets inattendus que l'on observe quelquefois dans le traitement galvanique des maladies nerveuses, surtout chez les personnes très-sensibles.

Quant au sens de l'ouïe, il est difficile d'influer sur lui chez l'homme sain ; mais, chose étrange, chez les sourds, et particulièrement chez ceux dont la surdité provient du système nerveux, l'excitabilité du nerf acoustique est si grande, que la moindre application du courant constant sur le rocher produit des sons qui éveillent quelquefois, mais vainement, l'espérance d'une guérison.

Quant au choix des électrodes, il faut savoir que la rétine est plus sensible au pôle négatif, et le nerf du goût au pôle positif. Le nerf acoustique est plus sensible à la sortie du pôle positif qu'à l'entrée, et plus sensible à l'entrée du pôle négatif qu'à la sortie ; enfin il se comporte comme un nerf sensible. Dans la surdité provenant des centres nerveux, on observe que l'une des deux électrodes produit des effets *croisés*, à la manière des contractions réflexes croisées que j'ai observées dans l'atrophie musculaire progressive et dans d'autres maladies de la moelle épinière.

Un effet intéressant du courant constant, c'est l'espèce de vertige, ou plutôt la perte de l'équilibre du corps qui est déterminée quand il agit sur un certain point bien limité : la fosse auriculo-maxillaire. Quelquefois ce point de vertige se trouve à la fosse carotique, tout près de l'angle de la mâchoire. Je crois que ce phénomène peut être expliqué par un changement d'équilibre entre les deux parties du cervelet, changement déterminé par une excitation de plusieurs faisceaux partant du ganglion supérieur cervical du grand sympathique, et se trouvant en communication directe avec les cellules ganglionnaires des centres nerveux.

En ce qui concerne l'action du courant constant sur les nerfs sensibles et les nerfs moteurs, mes expériences sur l'homme sain et l'homme malade même confirment en général la loi constatée par Marianini dans la grenouille vivante. On sait d'ailleurs que cette loi peut se formuler ainsi : Le courant descendant agit plus énergiquement sur les nerfs sensibles, et le courant ascendant sur les nerfs moteurs, le premier à la sortie et le second à l'entrée. Je dois ajouter toutefois que, lorsqu'on fait agir le courant d'une façon *unipolaire*, c'est-à-dire en appliquant une électrode sur un seul point du nerf et l'autre sur un point quelconque du corps, on observe que le pôle positif possède à peu près la même influence sur les nerfs sensitifs que sur les nerfs moteurs, influence identique avec l'action du courant descendant, et que le pôle négatif exerce une influence identique avec l'action du courant ascendant.

Je terminerai ces explications théoriques par une expérience qui mettra en évidence cette action unipolaire. Je place l'électrode positive d'un courant de 25 à 30 éléments sur le nerf médian du bras d'un homme, et l'électrode négative sur le nerf radial du même bras. Dès que je ferme le circuit, on aperçoit une contraction beaucoup plus forte du côté du pôle négatif, c'est-à-dire dans les fléchisseurs, et dès que je change la direction du courant, la contraction devient beaucoup plus forte du côté des extenseurs.

Cette expérience, nullement douloureuse, peut être multipliée autant qu'on le désire, et le même phénomène se reproduira toujours.

Notons encore que les deux électrodes agissent chacune différemment sur les vaisseaux. Le pôle positif les dilate et rend la peau rouge, tandis que le pôle négatif développe l'effet contraire, après une action continue de cinq à dix minutes. On observe de plus, au pôle positif, une dépression de la peau, et au pôle négatif un gonflement de l'épiderme et du derme. J'insisterai sur ces faits dans une conférence suivante.

Voilà quelques-uns des résultats auxquels je suis arrivé en expérimentant sur moi-même et sur d'autres hommes sains, depuis le 13 décembre 1855 jusqu'au 18 juillet 1856, avant de passer aux applications thérapeutiques du courant constant. Je vous conseille de suivre la même voie, et de ne pratiquer l'électrothérapie qu'après avoir répété maintes fois ces expériences préalables.

REMAK.

---

## FACULTÉ DE MÉDECINE.

### HISTOLOGIE (1).

COURS DE M. CH. ROBIN.
(de l'Institut).

#### Considérations générales sur les tissus.

On a vivement critiqué la formation d'un groupe d'éléments comprenant ceux qui sont caractérisés par une substance fondamentale, homogène, creusée de cavités contenant un liquide ou des cellules, tels que les éléments cartilagineux et osseux.

D'après les auteurs de ces critiques, le principal serait ici sacrifié à l'accessoire. Ils prétendent que l'os et le cartilage sont des tissus cellulaires, c'est-à-dire formés de cellules juxtaposées, comme l'épiderme et les tissus végétaux. Pour eux, les cellules produiraient, comme dans certaines plantes, une substance qui, en s'interposant aux éléments qui les engendrent, mériterait le nom d'intercellulaire et jouerait un rôle accessoire dans les propriétés et dans la constitution du tissu.

Mais une pareille comparaison n'est fondée que sur de simples apparences de configuration générale, et ne dénote qu'une ignorance grossière de la constitution réelle des tissus végétaux, dans lesquels il y a production par les cellules d'une substance intercellulaire.

---

(1) Voy. le n° 51 de notre première année, p. 749.

Digitized by Google

Chez les plantes, le tissu doit réellement ses propriétés, de résistance et autres, aux cellules polyédriques ou cylindriques pourvues d'une cavité et d'une paroi distinctes, cellules qui sont l'élément fondamental du tissu. La substance intercellulaire, au contraire, exsudée par les cellules, consécutivement à la génération de celles-ci, n'est qu'accessoire à côté d'elles, et comble principalement les petits espaces ou méats intercellulaires qui, dans quelques régions, sont pleins de gaz, de gommes ou de résines.

Dans les cartilages, les os et les dents, la substance que les auteurs dont nous parlons veulent appeler intercellulaire, en la comparant à celle des plantes et en la considérant comme accessoire vis-à-vis des cavités qu'elle limite, cette substance n'est pas de formation secondaire ou consécutive, comme chez les plantes. Au contraire, elle apparaît embryogéniquement avant les cavités, et c'est par suite des phases de la génération graduelle qu'elle les limite. Non-seulement elle est de génération primitive, mais encore elle est fondamentale quant à la masse, et c'est elle qui donne au tissu ses principales propriétés... C'est cette substance qui, dans les altérations des cartilages, des os, des dents, passe aux états lamelleux, fibrillaire, etc.

Lorsque le cartilage apparaît chez l'embryon autour de la corde dorsale, on ne voit nullement qu'il se forme par une génération de cellules qui se fondraient par le moyen d'une substance sortie d'elles. On constate la génération simultanée de noyaux et d'une substance hyaline moins résistante qu'elle ne sera plus tard, mais limitant autant de cavités qu'il y a de noyaux, cavités remplies chacune par un noyau. Ce n'est que peu à peu que la substance interposée aux noyaux, en même temps qu'elle augmente de quantité, s'écarte des noyaux et laisse une cavité autour de chacun, cavité dite *chondroplaste*.

Terminons cette digression nécessaire à l'éclaircissement préalable d'une importante question, et revenons à notre sujet.

L'an dernier, après avoir étudié les principes immédiats et les éléments, nous avons abordé les humeurs. Il nous reste, pour terminer le cours d'anatomie générale, à étudier les tissus proprement dits et les systèmes organiques.

L'étude des tissus constitue l'*histologie*. On désigne souvent l'anatomie générale entière par le mot *histologie;* c'est le nom de la partie employé à dénommer le tout.

Pour mieux relier le cours de l'an dernier à celui de cette année, il importe de résumer succinctement les notions relatives aux humeurs, ou l'hygrologie.

Les *humeurs* sont les parties liquides ou demi-liquides de l'économie, formées par le mélange et la combinaison de principes immédiats nombreux, et tenant ordinairement en suspension des éléments anatomiques.

Les humeurs appartiennent aussi bien que les tissus à l'étude de l'anatomie; elles jouent un rôle aussi important dans l'économie, et présentent une complexité d'organisation et de propriétés organiques qui ne sauraient être envisagées par le chimiste.

On distingue dans les humeurs : 1° le fluide, qui en est la partie fondamentale; 2° les solides, qui y sont en suspension.

Le fluide est dans l'humeur ce que l'élément fondamental est dans le tissu : il joue le rôle de milieu pour les éléments en suspension.

Les humeurs se composent : 1° de principes minéraux et cristallisables; 2° de principes organiques, ou cristallisables ou coagulables. Les premiers sont dissous par les seconds, et quelquefois ils se déposent sous forme de calculs.

Toutes les humeurs peuvent passer à l'état virulent par altération de leurs substances coagulables.

Les humeurs se divisent en trois groupes : 1° les *constituantes*, comme le sang, le chyle, la lymphe; 2° les *sécrétées*, telles que la salive, le sperme, la bile, la synovie, les mucus; 3° les *excrémentitielles*, ou humeurs de désassimilation.

Tel est l'ensemble sommaire des notions hygrologiques.

Arrivons maintenant à l'objet spécial du cours de cette année, qui est l'histologie proprement dite, ou l'étude des tissus.

Les tissus sont les parties du corps qui résultent de la réunion d'une ou de plusieurs espèces d'éléments anatomiques associés dans un ordre déterminé. La *texture* d'un tissu est le mode d'association des éléments anatomiques qui le composent, tandis que le mot de *structure* désigne le nombre de ces éléments.

Les tissus sont des parties visibles à l'œil nu; mais ils sont composés de parties invisibles qui exigent, pour être aperçues, l'emploi du microscope. Cet instrument est nécessaire aussi pour étudier la texture des tissus, qui n'est autre chose, encore une fois, que le mode d'enchevêtrement des parties invisibles.

Il faut user aussi, dans cet examen, de plusieurs réactifs chimiques qui servent à rendre transparentes ou à détruire certaines parties qui masquent les autres.

Les éléments qui composent les tissus emportent avec eux, dans le tissu lui-même, les propriétés qui les caractérisent. Si le tissu renferme plusieurs de ces éléments, les propriétés de ces éléments se modifient les unes les autres, et il en résulte une propriété de nature différente.

On détermine la nature d'un tissu normal ou morbide d'après la nature des éléments anatomiques qui entrent dans sa constitution; exactement comme en chimie on détermine celle d'un corps composé d'après la nature des éléments chimiques constituants. Mais il y a autre chose à déterminer que la nature, il faut déterminer l'arrangement de ces éléments.

Inutile d'ajouter que cette association des éléments est purement physique, que c'est une combinaison par

Digitized by Google

contiguïté, par juxtaposition; tandis qu'en chimie, les éléments sont unis molécule à molécule, et se pénètrent si intimement, qu'il est parfaitement impossible de les distinguer, même avec les plus puissants microscopes.

Les tissus doivent être décrits au point de vue : 1° de leur place dans l'économie ; 2° de leurs caractères physiques ; 3° de leurs caractères chimiques; 4° de leurs caractères organiques (structure, texture, vascularité).

Cette description est toute l'histologie.

Voyons d'abord les trois premiers chefs. Au point de vue de leur place dans l'économie, on peut diviser les tissus en tissus superficiels et tissus profonds, les premiers se trouvant disposés à la surface de l'organisme, tels que le tissu épithélial, le tissu pileux, etc., les autres tissus étant disposés sous les premiers.

Au point de vue de la durée, on remarque que certains tissus n'ont qu'une existence temporaire. De ce nombre est l'embryoplastique, qui ne se trouve que chez l'embryon, quoique dans certains cas les éléments de ce tissu puissent être atteints d'hypergenèse et se multiplier outre mesure, de façon à persister sur l'adulte. Le tissu de la corde dorsale disparaît chez les animaux au moment de la naissance, et on le trouve chez l'homme jusque vers l'âge de soixante ans.

Mais ces caractères-là sont d'importance secondaire.

Les tissus sont de couleur diverse. Tantôt cette couleur est celle de l'élément anatomique qui prédomine dans le tissu, modifiée quelque peu par la présence d'autres éléments : ainsi, le tissu musculaire est rouge, tandis que la fibre musculaire est d'un rose léger, dû à un principe colorant particulier qui fait partie intégrante de la fibre musculaire.

Certains éléments accessoires peuvent, en se multipliant outre mesure, changer la couleur normale d'un tissu.

La couleur est due souvent à l'arrangement réciproque des éléments anatomiques : ainsi, les fibres tendineuses constituent généralement un tissu grisâtre; mais autrement associées, elles donnent lieu à un tissu de couleur différente.

Certains tissus, comme une portion de la choroïde, réfléchissent la lumière en prenant une teinte irisée. Cela tient à la disposition des fibres en nappe qui décomposent la lumière comme les lames minces.

La coloration peut être causée aussi par la présence de certaines matières colorantes qui ne font point partie intégrante des éléments anatomiques, et en peuvent être aisément séparées. Il y a des cas où la teinte est due à certains granules pigmentaires, ou à la réflexion par les globules graisseux.

Ce qui vient d'être dit de la coloration peut s'appliquer à la consistance. En d'autres termes, la consistance dépend de la nature et de l'arrangement des éléments anatomiques. Faute de connaître ces éléments, on a longtemps confondu des tumeurs d'espèce différente, ou séparé des tumeurs de même espèce, tandis que les premières différaient foncièrement par la nature des éléments, et que les secondes ne différaient que par la constitution et l'arrangement.

La ténacité des tissus est toujours proportionnelle à celle des éléments anatomiques constitutifs. Cependant quelquefois des éléments tenaces peuvent engendrer un tissu mou, en raison de certaines particularités de texture et de la présence de substances amorphes accessoires. Le tissu tendineux, quoique composé des mêmes éléments, est plus tenace que le lamineux, parce que ce dernier n'est pas constitué comme le premier.

L'extensibilité et la rétractilité des tissus sont deux propriétés très-différentes l'une de l'autre. Le tissu musculaire, par exemple, est très-extensible, mais très-peu rétractile. Ces propriétés dépendent beaucoup de la nature des éléments, et beaucoup aussi du mode d'entrecroisement. Ainsi, les fibres lamineuses, peu extensibles, forment les tendons peu extensibles, quand elles sont rectilignes, et le tissu lamineux est très-extensible, parce qu'elles sont flexueuses dans son épaisseur et entrecroisées avec des fibres élastiques.

L'élasticité des tissus est due à la présence des fibres élastiques. Cette propriété ne semodifie guère par la texture. Elle est distincte de la rétractilité et de l'extensibilité, comme le montrent les os et le cartilage, qui ne possèdent point ces deux dernières propriétés et qui possèdent la première.

L'hygrométricité consiste en une pénétration graduelle, molécule à molécule, des liquides ou des gaz au travers des éléments anatomiques. Cette pénétration n'a pas lieu au moyen de vaisseaux, de pores visibles, ni de fissures, mais le liquide absorbé se transmet en se combinant de proche en proche à chaque élément du tissu traversé.

L'endosmose et l'exosmose, par lesquelles s'expliquent les phénomènes de nutrition, d'excrétion et de sécrétion, se réduisent à la propriété hygrométrique. Cette propriété ne s'exerce pas de la même façon dans les membranes vivantes et dans les membranes mortes et desséchées. Dans ces dernières, le liquide sort comme il est entré, tandis que dans les premières il change de nature par les emprunts qu'il fait aux éléments anatomiques pendant la durée de son trajet.

Quant aux caractères chimiques des tissus, ils sont identiques avec ceux des éléments intégrants de ces tissus. Les tissus se comportent avec les divers réactifs et agents chimiques comme se comporteraient les éléments histologiques. D'ailleurs, les caractères chimiques des tissus sont superflus à connaître, depuis que l'on peut étudier ceux des éléments.

On peut faire rentrer dans le cadre des caractères chimiques les propriétés que M. Chevreul a appelées *organoleptiques*, telles que le goût, l'odeur, l'influence sur le toucher, etc.

Digitized by Google

Nous venons enfin aux caractères les plus importants: ceux d'ordre organique.

Ils se rapportent : 1° à la nature et au nombre d'éléments constituant les tissus (structure); 2° à la texture; 3° à la vascularité ; 4° au mode d'adhésion des éléments dans un même tissu, ou d'un tissu à l'autre.

Les propriétés d'ordre organique des éléments anatomiques dépendent des quatre chefs qui viennent d'être énumérés.

Les lois de la composition élémentaire des tissus sont très-importantes. Les uns ne sont formés que par une seule espèce d'éléments juxtaposés: ce sont les plus simples, ils ne sont guère doués que de propriétés végétatives. De ce nombre sont les épithéliums.

Les autres sont formés de plusieurs éléments, parmi lesquels sont toujours des vaisseaux. On les appelle tissus *constituants*, car ils composent essentiellement l'économie, en masse et en action; tandis que les précédents, que l'on appelle *produits*, ne sont à côté qu'un perfectionnement de l'organisme. Les tissus constituants se composent de deux, trois, quatre espèces d'éléments anatomiques. Parmi ces dernières, il y en a toujours une qui prédomine, quant à la quantité, et les autres ne sont qu'accessoires. Ainsi, l'élément fondamental du tissu nerveux est le filet nerveux; puis viennent les fibres lamineuses et élastiques, les capillaires, les cellules adipeuses, les noyaux embryoplastiques, etc. Dans le tissu musculaire, on trouve d'abord la fibrille musculaire, et en sous-ordre, le myolemme, les fibres lamineuses et élastiques, les capillaires, les cellules adipeuses, etc.

L'anatomie pathologique apprend que les tumeurs ne proviennent presque jamais de l'hypergenèse d'un élément anatomique fondamental, mais presque toujours de la prédominance anormale d'un élément accessoire dans le tissu.

Dans les tissus multiples, on remarque, outre ceux dont l'élément fondamental est manifeste, d'autres dont les divers éléments sont chacun en quantité presque égale, et dont les propriétés résultent plutôt de l'ensemble de ces éléments que de la présence particulière de l'un d'eux.

Ces derniers tissus sont les *parenchymes*, ou tissus *parenchymateux*. Ils n'ont pas d'élément fondamental, si ce n'est la paroi ou la vésicule qui les entoure.

Nous avons donc distingué trois groupes généraux de tissus : 1° les produits; 2° les tissus parenchymateux; 3° les tissus à élément fondamental. Dans ces trois groupes se répartissent les trente et un tissus que l'on rencontre dans l'organisme. Voici le tableau de cette classification :

- **Constituants.**
  - Tissus proprement dits.
    - 1. Blastodermique.
    - 2. De la notocorde.
    - 3. Embryoplastique.
    - 4. Médullaire.
    - 5. Adipeux.
    - 6. Lamineux.
    - 7. Fibreux.
    - 8. De la cornée.
    - 9. Tendineux.
    - 10. Élastique.
    - 11. Dermo-papillaire.
    - 12. Muqueux.
    - 13. Séreux.
    - 14. Irido-choroïdien.
    - 15. Érectile.
    - 16. Musculaire rouge.
    - 17. Musculaire viscéral.
    - 18. Nerveux,
    - 19. Cartilagineux.
    - 20. Osseux.
    - 21. Phanérophore.
  - Tissus parenchymateux.
    - 22. Parenchymes glandulaires.
    - 23. Parenchymes non glandulaires.
      - Rénal.
      - Pulmonaire.
      - Placentaire.
      - Testiculaire.
      - Ovarien.
- **Produits.**
  - 24. Épidermique ou épithélial.
  - 25. Unguéo-cornéal.
  - 26. Pileux.
  - 27. Dentineux.
  - 28. De l'émail.
  - 29. Du cristallin.
  - 30. De la cristalloïde.
  - 31. Des tubes demi-circulaires.

Dans les prochaines leçons, nous nous occuperons des lois de la texture et de la vascularité. — Fernand Papillon.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### XIV.

### Des mouvements réflexes.

Nous avons successivement exposé la nature des mouvements réflexes, les conditions qui président à leur existence, leur rôle dans les principaux appareils organiques et l'influence qu'ils exercent sur tous les phénomènes de la vie. Puis nous avons fait l'application de ces principes à la combustion respiratoire, dont le siége est dans les muscles, et nous avons montré que l'intensité de cette combustion était placée dans une étroite dépendance vis-à-vis des mouvements réflexes. La couleur du sang suit des variations parallèles : foncée quand la contraction musculaire est forte, plus claire quand le muscle est au repos.

(1) Voy. les nos 19, 22, 24, 27, 29, 34, 35, 38, 42, 43, 44, 45, 48, 50 et 51 de notre première année, et le n° 1 de la seconde.

Digitized by Google

Ce que nous devons retenir de tout ceci, c'est qu'à l'état naturel le muscle n'est jamais dans un repos complet. L'influence du nerf sur lui est permanente, et elle y maintient toujours une contraction modérée qui constitue le ton musculaire. Quand le muscle antagoniste se contracte fortement, cette contraction légère cède à une contraction plus forte, et l'effet produit ne résulte, à vrai dire, que de la différence de force existant entre les deux actions contraires.

Tous les nerfs qui se distribuent dans les muscles et peuvent concourir aux mouvements réflexes qui s'y manifestent, tous ces nerfs ne sont pas de même nature, et l'on en a distingué jusqu'à trois ou quatre espèces différentes. Ce sont d'abord les nerfs moteurs, partis des racines antérieures de la moelle épinière et aboutissant dans la substance musculaire en entourant chaque fibre comme d'une sorte d'anse pour lui communiquer l'influence motrice. Viennent ensuite les nerfs sensitifs issus des racines postérieures, qui arrivent également dans le muscle où l'on ne connaît pas trop leur mode de terminaison; peut-être consiste-t-il en un petit noyau qu'on aperçoit d'ordinaire à leur extrémité : mais cette question n'est pas encore résolue. Ce qu'on sait seulement, c'est qu'il y a dans le muscle des nerfs de sensibilité, car on peut produire des mouvements réflexes en l'irritant directement; mais ce n'est pas une sensibilité consciente comme celle de la peau. Après ces deux premières espèces de nerfs, citons les nerfs vasculaires et les filets du grand sympathique dont nous ne parlerons pas maintenant.

Quand on coupe les racines antérieures, celles du mouvement, le muscle tombe naturellement dans un relâchement complet; le ton musculaire disparaît, et la combustion respiratoire est supprimée. Si nous coupons, au contraire, les racines postérieures (sensitives), en respectant les racines motrices, le muscle entre encore en relâchement, et fournit du sang veineux rouge, absolument comme dans le premier cas; mais il y a cette différence que les mouvements réflexes partis des autres régions du corps peuvent très-bien se propager jusqu'à lui, et amener sa contraction au moyen des nerfs moteurs restés intacts. Un muscle peut donc être paralysé du ton musculaire, sans l'être en même temps du mouvement.

Nous trouvons, en somme, trois espèces de mouvements réflexes : le ton musculaire, les mouvements réflexes momentanés, et les actions réflexes permanentes comme celles qui maintiennent la contraction des sphincters.

Tous les muscles sont le siége de mouvements réflexes que nous ne pouvons évidemment étudier en détail. Il y a pourtant certains muscles de la vie organique qui présentent des particularités fort intéressantes, et dont nous devons au moins dire un mot. Ainsi, coupez les nerfs qui se distribuent dans les muscles des vaisseaux; ces muscles se relâcheront aussitôt, et le volume des vaisseaux sera notablement augmenté. Ces faits se produisent même quelquefois dans l'organisme d'une manière naturelle, et ils sont alors la cause de certaines affections particulières, les pneumatoses par exemple. Mais les sphincters, ou plutôt une partie d'entre eux, fournissent à cet égard des phénomènes très-remarquables et tout à fait spéciaux. Quand on coupe leurs nerfs, ils restent encore contractés pendant plusieurs jours, comme si aucune lésion n'avait été opérée, et la paralysie du ton musculaire ne se produit même pas dans tous les cas. Ainsi, à l'entrée de l'estomac, on trouve toujours un sphincter destiné à empêcher les aliments qui ont une fois pénétré dans ce viscère de remonter ensuite dans l'œsophage. Ce sphincter, qu'il est surtout facile d'apercevoir chez un chien ou un lapin, présente à un très-haut degré, et avec des circonstances fort intéressantes, les phénomènes dont nous parlons.

Cette persistance de l'état de contraction dans le sphincter du cardia après la section du nerf qui le domine, un des rameaux du nerf pneumogastrique, a donné lieu, en effet, à des théories très-fausses, parce qu'on ne pouvait s'imaginer que la fonction continuât à s'exercer lorsque l'organe était lésé d'une manière si grave. D'anciennes expériences semblaient autoriser leurs auteurs à soutenir que le nerf pneumogastrique présidait au sentiment de la faim et à celui de la soif; seulement la section de ce nerf n'empêchait pas ces deux sentiments, naturellement si vifs, de se manifester comme auparavant, mais elle rendait impossible la naissance du sentiment de la satiété. Voilà ce qui semblait bien résulter des expériences. En effet, on prend un chien ou un lapin, auquel on coupe le nerf pneumogastrique, après l'avoir préalablement laissé à jeun pendant vingt-quatre heures pour exciter vigoureusement son appétit; il mange alors avec avidité la nourriture qu'on lui présente; puis, au bout d'un certain temps, il s'arrête et régurgite comme si sa précipitation lui avait fait avaler plus d'aliments que n'en pouvait supporter son estomac; mais il se remet aussitôt à manger pour régurgiter de nouveau, et ainsi de suite. Voilà bien, ce semble, le sentiment de la faim apparaissant avec la plus vive énergie, et le sentiment de la satiété cessant complétement de se produire.

M. Claude Bernard avait accepté cette interprétation comme tout le monde. Mais une circonstance fortuite qu'il remarqua au milieu d'expériences faites dans un but très-différent, vint l'éclairer d'un jour tout nouveau. L'erreur des explications précédentes lui apparut avec évidence, et il fut mis en même temps sur le chemin qui devait le conduire à la découverte de l'explication véritable. M. Claude Bernard opérait sur un chien qui avait subi la section du nerf pneumogastrique, et il lui avait pratiqué une fistule stomacale pour observer le mécanisme de la déglutition. Mais l'animal avait beau manger, et l'on ne voyait rien entrer dans l'estomac. C'était là un trait de lumière. Il fallait bien que les aliments avalés se

Digitized by Google

logeassent quelque part, et s'ils n'arrivaient point jusqu'à l'estomac, c'est qu'ils restaient dans l'œsophage. Tous les phénomènes observés se comprenaient alors merveilleusement. Quand l'œsophage était rempli, l'animal devait évidemment régurgiter; d'un autre côté, les aliments qu'il avait pris n'ayant subi aucune action sérieuse des sucs digestifs, n'avaient pu s'assimiler, ni par conséquent apaiser sa faim en quoi que ce soit, et il était naturel qu'il recommençât à manger de plus belle.

Nous pouvons, du reste, constater directement l'exactitude de cette interprétation par une expérience bien simple. Il suffit de prendre un lapin et de le nourrir d'abord avec des choux ou d'autres substances vertes; puis on pratique la section du nerf pneumogastrique, et l'on donne à l'animal une nourriture dont la couleur tranche nettement sur la couleur des aliments précédemment employés, pour que la distinction en soit facile : ce sera, par exemple, de la carotte. Si l'on sacrifie ensuite l'animal, on trouvera en l'ouvrant que l'estomac contient des substances vertes, mais qu'aucune partie des carottes avalées n'a pu dépasser le cardia. Quelle est donc l'influence qui peut ainsi interdire aux aliments l'accès de l'estomac? C'est le dernier point à déterminer. Mais il est facile de voir qu'une seule cause peut expliquer convenablement le phénomène, et cette cause, c'est la contraction vigoureuse et permanente du sphincter cardiaque, qui bouche complétement la communication entre l'œsophage et l'estomac.

Les sphincters de l'anus et de la vessie présentent des phénomènes tout à fait semblables, qu'il est facile de provoquer en coupant les nerfs du plexus lombaire. Mais tous ces faits ne contredisent pas les explications que nous avons données sur le ton musculaire; car, en répétant les expériences deux ou trois jours après la section du nerf pneumogastrique, on trouve alors que la contraction permanente du sphincter a cessé, et avec elle toutes les conséquences qu'elle entraînait. La persistance singulière de cette contraction pendant un temps souvent assez long, après la section du nerf pneumogastrique, tient peut-être à l'influence des ganglions du grand sympathique, qui sont très-nombreux dans les parties voisines de ces organes.

Les actions réflexes président à toute la vie organique, et l'on peut dire que beaucoup de fonctions ne sont qu'une suite de mouvements réflexes régulièrement enchaînés. Ainsi, quand on met un grain dans le bec d'un oiseau, il se digère complétement par une série d'actions réflexes, dont nous devons déterminer les irritants et la réaction mutuelle. Depuis quelques années, on a beaucoup cherché les centres de ces actions réflexes, mais on ne les a pas encore trouvés pour toutes, car ce sont là des expériences extrêmement délicates à faire, et plus difficiles encore à interpréter.

Dès le premier acte de la nutrition, dans la bouche, nous trouvons de nombreuses actions réflexes concourant à la digestion; mais il s'y mêle aussi des influences volontaires. Quand on a enlevé le cerveau d'un animal, le seul contact du vinaigre sur sa langue amène une abondante sécrétion des glandes salivaires placées dans la bouche. On ne connaît pas encore précisément le centre de cette action réflexe. Cependant, en faisant d'autres expériences, M. Claude Bernard a souvent remarqué qu'il provoquait une vive sécrétion salivaire, lorsqu'il piquait le cerveau dans certains endroits; c'est sans doute au voisinage de ces régions que se trouve le centre de l'action réflexe dont nous parlons.

Du reste, la seule pensée, et à plus forte raison la vue de certaines substances, suffit pour produire une abondante sécrétion de salive. C'est là un phénomène connu de tous, et qu'on exprime vulgairement en disant que telle ou telle chose fait venir l'eau à la bouche, ce qui est considéré comme l'expression d'un vif désir.

Cette influence purement morale a même été utilisée bien des fois pour faire certaines expériences physiologiques. Ainsi M. Claude Bernard a souvent pris un cheval, laissé préalablement à jeun pendant vingt-quatre heures pour rendre le phénomène plus sensible, et il lui montrait alors à distance une botte de foin : cette vue excitait tellement son appétit aiguisé par une longue attente, qu'il se produisait un écoulement de salive aussi abondant et aussi continu que le jet d'un robinet. Lorsque M. Thenard, l'illustre chimiste, avait besoin de salive pour ses expériences, il employait un moyen tout à fait semblable. Ce moyen consistait à prendre un chien bien portant et à le laisser d'abord sans aucune nourriture pendant vingt-quatre heures. Puis on mettait à la broche un gigot succulent et l'on plaçait le chien à quelque distance après l'avoir garrotté et bâillonné. Les ardents désirs que provoquaient les vapeurs du rôti chez le pauvre animal affamé, y faisaient prendre à la sécrétion de la salive des proportions tout à fait extraordinaires, et, grâce à cette nouvelle application du supplice de Tantale dans l'intérêt de la science, on recueillait ainsi de grandes quantités de liqueur qui fournissaient à tous les besoins des analyses.

Dans un traité sur la digestion où il a montré le premier à préparer du suc gastrique et du suc pancréatique artificiels, Héberley a soutenu que la bave des animaux enragés et le venin que portent beaucoup de reptiles, comme les vipères et tant d'autres, ne sont au fond que des altérations de la salive. Il supposait même que l'altération consistait en ce que cette humeur se trouvait mélangée alors d'une quantité variable de sulfocyanure de potassium, corps effectivement fort dangereux. Ce savant, très-recommandable du reste, exagérait singulièrement l'influence que peuvent exercer les causes morales sur la nature de cette sécrétion salivaire, et il prétendait pouvoir produire à son gré sur lui-même de la bonne ou de la mauvaise salive. Quand il voulait en obtenir de la bonne, il pensait à une foule de choses agréables, à des mets délicieux ou aux plaisirs qu'il souhaitait le plus; et

Digitized by Google

tout son organisme s'épanouissant sous cette douce influence, la salive recueillie dans ces conditions était excellente. Pensait-il, au contraire, aux mille désagréments qu'on rencontre toujours dans la vie, aux ennemis qu'il pouvait avoir, aux dangers qu'il pouvait craindre, enfin à toutes les choses qui étaient plus particulièrement capables de lui déplaire, aussitôt la sécrétion était complétement modifiée. Sans doute, la salive d'Héberley ne devenait pas alors tout à fait semblable à la bave d'un animal enragé, mais enfin elle contenait du sulfocyanure de potassium en quantité notable, et elle s'en rapprochait plus ou moins. C'est Heberley lui-même qui nous donne tous ces détails, et vous en avez saisi tout de suite les côtés qui prêtent à rire : nous n'avons pas besoin d'ajouter qu'ils sont purement fantastiques. Cependant tout cela prouve au moins l'influence qu'exerce l'imagination sur tous ces phénomènes, influence souvent plus nuisible qu'utile, mais qu'il serait impossible de contester aujourd'hui.

Pour provoquer la sécrétion de la salive ou des autres humeurs concourant à l'acte de la digestion, il faut, — ainsi que Berzelius l'a dit depuis longtemps déjà, — il faut prendre un liquide ayant une réaction opposée à celle du liquide qu'on veut obtenir. Ainsi, le carbonate de soude, sel assez fortement basique, ne provoque jamais la sécrétion de la salive; mais tous les acides le font, quoique avec une énergie plus ou moins grande, parce que la salive est une liqueur alcaline. Au contraire, dit toujours Berzelius, si vous voulez produire dans l'estomac une abondante sécrétion de suc gastrique, humeur nettement acide, il faudra soumettre les parois du viscère à l'action d'un liquide alcalin quelconque.

On avait professé auparavant sur ce point des opinions diamétralement opposées à la vérité, et ces idées fausses servaient de base à une foule de prescriptions médicales au moins inutiles quand elles n'étaient pas dangereuses. Ainsi ordonnait-on à un malade de prendre du fer, qui devait être attaqué par le suc gastrique, grâce à la réaction acide de ce corps; on recommandait toujours de ne pas administrer en même temps des alcalis qui satureraient plus ou moins cette acidité du suc gastrique et empêcheraient ainsi l'attaque du fer de se produire convenablement, de telle sorte qu'il n'aurait plus aucune action sur l'organisme. Mais l'erreur à laquelle aboutit ce raisonnement vous prouve une fois de plus qu'il ne faut pas s'en tenir exclusivement aux considérations chimiques, malgré leur importance réelle, pour asseoir un diagnostic ou un traitement, ni pour établir une théorie scientifique. Les considérations physiologiques doivent toujours prédominer sur toutes les autres, parce qu'elles correspondent aux véritables faits vitaux, et que ceux-ci sont le centre de l'exercice de toutes les fonctions : les faits physico-chimiques ne sont, à vrai dire, que des milieux préparés pour le développement de ceux-là. Ainsi, dans le cas qui nous occupe, l'alcali administré avec le fer saturera sans doute une petite quantité de suc gastrique; mais en irritant la muqueuse de l'estomac, il lui en fera produire une quantité bien plus considérable, et en définitive l'avantage est évident. Pour faciliter la digestion chez les estomacs paresseux, il faudra donc aussi faire avaler avec les aliments du carbonate de soude qui stimulera l'inertie de l'estomac et activera la sécrétion du suc gastrique.

Comme le remarque encore Berzelius, la nature a eu soin d'alterner les réactions dans les parties successives du tube digestif, afin d'amener ainsi en temps opportun la production des différentes humeurs nécessaires à la digestion. La réaction est alcaline dans la bouche, et les aliments en s'imprégnant de salive transportent la même réaction dans l'estomac où elle provoque ainsi la sécrétion du suc gastrique. Là ces aliments deviennent acides sous l'influence de ce même suc gastrique qui s'y est mêlé au fur et à mesure de sa production, et en touchant les bords de l'intestin duodénum ils amènent immédiatement une sécrétion considérable de bile qui change encore une fois leur réaction et la laisse définitivement alcaline. Tous ces phénomènes peuvent s'observer avec assez de facilité sur le cheval dont les canaux sont très-larges. On assiste alors à la sécrétion de chaque humeur, et l'on voit clairement les effets de cette influence décisive qu'exercent sur elle les diversités de réaction chimique dont nous parlons.

Mais à côté de ces phénomènes de sécrétion dus à des actions réflexes, il y a aussi dans les intestins, et en général tout le long du tube digestif, divers mouvements purement mécaniques que nous devons rapporter à la même cause.

Il n'y a en effet que deux choses dans la digestion, des liquides et des mouvements; et, suivant la diversité des époques, chacune d'elles a occupé à son tour d'une manière trop exclusive l'attention des savants, qui oubliaient ou méconnaissaient ainsi l'importance de l'autre. La digestion a donc été successivement attribuée à ces deux agents. Ainsi, avant Spallanzani, qui mit en évidence le rôle considérable joué par les liquides dans ce phénomène, Borelli regardait surtout la digestion comme un broiement; l'estomac et les intestins étaient pour lui une sorte de moulin qui triturait la nourriture. Borelli appuyait du reste ces vues théoriques par des observations assez bien faites; mais il ne faut pas oublier qu'il agissait principalement sur des gallinacés, ce qui explique son erreur et fait comprendre comment il s'est tant exagéré l'importance des agents mécaniques. Chez ces animaux, en effet, les mouvements concourant à la digestion prennent une énergie toute particulière surtout dans le gésier et dans le jabot. Mais ce n'est pas une raison pour ne voir que ce phénomène de broiement et oublier tout le reste. Le gésier ne fait que remplacer les dents, et les mouvements qu'on y observe ne sont qu'un acte préparatoire de la digestion proprement dite, acte qui a pour but de mieux diviser les aliments, afin qu'ils s'imprègnent plus vite des différents sucs digestifs et qu'ils

Digitized by Google

subissent plus complétement leur action. En un mot, ce qui se passe là, ce n'est autre chose qu'une sorte de mastication placée un peu plus profondément dans l'intérieur du corps, et voilà tout. Les liquides, au contraire, jouent toujours un rôle capital et décisif.

Mais tout cela, liquides ou mouvements, tout cela est dû à des actions réflexes, et la digestion tout entière se produit ainsi. En effet, quand on place un grain ou un autre aliment dans la bouche d'un animal privé de cerveau et incapable par conséquent de tout mouvement direct et volontaire, il avale aussitôt ce grain, évidemment par un mouvement réflexe ; d'autres mouvements du même genre, échelonnés tout le long du tube digestif, se succèdent les uns aux autres, se provoquant mutuellement, et président ainsi aux différentes phases de la digestion qui s'accomplit d'un bout à l'autre sous leur empire exclusif, à peu près aussi régulièrement que si l'animal n'avait pas été privé de son cerveau. L'action volontaire a donc ici une influence bien minime, et les premiers de tous ces mouvements réflexes, ceux qui s'accomplissent dans la bouche, sont même les seuls qu'elle peut parvenir à maîtriser. Les autres lui échappent complétement, et dès que l'aliment est dans le pharynx, il lui est impossible d'empêcher la déglutition, ni à plus forte raison tous les actes postérieurs.

On a observé dans le canal intestinal des mouvements réflexes parfaitement séparés du système cérébro-spinal et résultant de l'irritation directe des intestins. On produit des phénomènes tout à fait semblables dans l'urèthre en opérant de la même manière. Mais tout cela ne peut s'observer que sur des animaux à sang froid, car les animaux à sang chaud perdent trop rapidement leurs propriétés vitales pour que ces expériences soient possibles chez eux.

Cependant certains mouvements réflexes de la vie organique peuvent passer par le système cérébro-spinal, mais il n'en est pas moins certain d'un autre côté que des ganglions du grand sympathique jouent quelquefois le rôle de centre : nous l'avons montré précédemment d'une manière incontestable. Certains plexus particuliers peuvent jouir des mêmes propriétés. On l'a démontré aussi pour des phénomènes spéciaux, et, dès que cela est établi dans un cas, on peut l'admettre pour d'autres, au moins à titre d'hypothèse fort vraisemblable. Du reste, parmi les mouvements réflexes, il y en a un certain nombre qui se croisent d'une partie du corps à l'autre, et quant à ceux-là, on peut avouer, sans grand danger d'erreur, qu'ils passent tous dans le système cérébro-spinal, et que le croisement s'opère dans la moelle épinière. — Émile Alglave.

## CHRONIQUE.

Faculté de médecine. — *Ouverture du cours de M. Lassègue sur les maladies mentales.* — Vendredi 18 novembre, il y avait foule à l'École de médecine pour l'ouverture du cours de M. Lassègue sur les maladies mentales.

Dans un exposé rapide, le professeur nous a retracé la marche des sciences médicales ; il nous les a montrées naissant de la tradition, réduites d'abord au commentaire des textes, et suivant bientôt les progrès des autres sciences qui leur prêtent un puissant appui. La botanique, l'alchimie, mère de la chimie moderne, fournissent à la médecine une partie de son cadre nosologique. Enfin, de nos jours, l'histologie, soutenue par les progrès de la physique, nous a dévoilé jusqu'à un certain point les mystérieuses évolutions de l'atome.

La médecine mentale ne saurait avoir une marche indépendante de la marche générale du siècle ; elle s'inspire de l'opinion publique, et à toutes les époques nous lui voyons subir ses préjugés. Le christianisme brise les chaînes de l'esclave sans affranchir le malheureux aliéné de la malédiction que lui avait léguée l'antiquité. Les corporations religieuses, qui ouvrent partout des asiles pour l'infortune ou la maladie, laissent les fous dans l'abandon, par respect pour la volonté de Dieu, qui seul a pu porter une si rude atteinte à l'intelligence humaine. On les enferme parce qu'on a peur d'eux, et le peuple, qui veut passer pour brave, va se repaître des contorsions d'un pauvre maniaque arrêté par de solides barreaux. Arrive le grand réveil : la Bastille et Bicêtre tombent sous la même pioche, et la Révolution inscrit sur ses monuments : *Liberté, Égalité, Fraternité;* mais bientôt on ajoute *Ordre public.* La société nouvelle, qui veut jouir après avoir souffert si longtemps, enferme celui qui pourrait être la cause ou l'occasion d'un trouble, mais cette fois en déguisant un peu les barreaux de la prison. Pendant que la famille humaine repoussait ainsi l'aliéné, le médecin, si dévoué aux malades les plus repoussants et à ceux-là mêmes que la contagion rendait redoutables, le médecin reste sourd aux souffrances du fou, qui n'est pas un malade à ses yeux. Mais bientôt le siècle ne voit plus dans ce pauvre paria qu'un frère qui souffre, et qui a besoin d'assistance ; le médecin se montre alors, soutenu cette fois par l'esprit public. Des asiles se bâtissent partout avec une libéralité que les Conseils généraux ne tardent pas à réprimer. Le bien-être de tous rend plus avare pour l'aliéné ; on économise sur les asiles pour tracer des routes ou creuser des canaux. Le médecin réduit chaque jour son budget, à la grande joie des commissions administratives, et bercé par une douce quiétude, il s'endort, croyant sa tâche achevée. Par économie, on utilise les aliénés aux travaux de l'intérieur ou à ceux de la culture, et bientôt, apprenant que ces hommes privés de raison donnent des concerts, impriment un journal et vont jusqu'à le rédiger, la société se croit coupable de les retenir sous les verrous. On ouvre donc les portes de la volière, et l'aliéné retourne s'asseoir au foyer de la famille jusqu'à ce qu'un crime soudain vienne éveiller la sollicitude de l'administration, et montrer que la vie pastorale n'est pas faite pour ceux que l'on ne saurait regarder comme responsables de leurs actes. Alors seulement on trouve la juste mesure ; on traite les fous comme des êtres faibles, et on leur donne un tuteur. La loi de 1838 est empreinte d'un tel esprit de sagesse et d'humanité, que toute l'Europe la copie. Malgré ce qu'en disent certains philosophes et quelques journalistes, qui ne peuvent commander à l'opinion publique, il faut s'arrêter à ce régime, que nulle objection sérieuse ne peut atteindre.

Du reste, ce n'est pas la philosophie qui pourra jamais étudier la folie, ni surtout lui porter secours ; ce n'est pas non plus aux magistrats qu'il appartient de se livrer à de pareilles recherches : le médecin seul peut montrer le siége du mal dans les altérations morbides qu'il est habitué à suivre. Cependant M. Lassègue ne professe pas une doctrine irrévocablement organicienne ; s'il rejette la philosophie, et même la physiologie, ce n'est pas pour proclamer sans partage le règne de l'anatomie pathologique. Il fait de l'altération morbide une des conditions de la maladie, mais non la cause ou son effet. En terminant, et après avoir conseillé au médecin de chercher un utile secours dans la philosophie et la physiologie, il recommande surtout l'observation clinique, qui, mieux que toute autre étude, peut former le médecin aliéniste.

---

Muséum d'histoire naturelle. — Zoologie (annélides, mollusques et zoophytes). — M. A. Valenciennes, professeur, membre de l'Académie des sciences, et, en cas d'absence, M. Lacaze-Duthiers, maître de conférences à l'École normale supérieure, ouvrira ce cours dans les galeries du Muséum d'histoire naturelle, le vendredi 16 décembre 1864, à deux heures, et le continuera les mardi et vendredi de chaque semaine à la même heure.

Le professeur traitera des principes de la classification des annélides des mollusques et des zoophytes, et il exposera le caractère des ordre et des familles des espèces vivantes et fossiles de ces animaux. Le premières leçons seront consacrées à établir les rapports existant ent l'organisation de ces animaux et celle des autres classes du règne an mal, principalement les vertébrés.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 3. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 17 DÉCEMBRE 1864.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

**AVIS. — L'abondance des matières et le nombre croissant de nos abonnés nous décident à donner aujourd'hui, sans augmentation de prix, un supplément de huit colonnes.**

---

**SOMMAIRE.**

**Académie des sciences. — Académie de médecine.**

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Histoire naturelle.** — Conférence de **M. Milne Edwards** : Instinct et intelligence des animaux.

FACULTÉ DES SCIENCES. — **Physiologie générale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XV. Théorie des sécrétions fondée sur l'influence des mouvements réflexes paralysants. — XVI. Considérations générales touchant l'influence des deux systèmes nerveux sur les phénomènes chimiques de l'organisme.

UNIVERSITÉ DE NAPLES. — **Météorologie.** — Cours de **M. Palmieri** : Électricité atmosphérique.

HOPITAL DE LA CHARITÉ. — **Physique médicale.** — Conférences de **M. Remak** (de Berlin) : II. Application du courant constant au traitement des névroses.

ÉCOLE DE PHARMACIE. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : Généralités. — Nomenclature.

---

Paris, 16 décembre 1864.

La dernière séance de l'Académie des sciences a été presque entièrement remplie par deux communications : l'une de M. Morin, sur l'application de la photographie au levé des plans et aux travaux du génie militaire ; l'autre de M. Chevreul, sur l'histoire de l'air et les différentes opinions qui ont eu cours sur sa constitution, depuis la théorie antique des quatre éléments jusqu'au XVIIIe siècle, en passant par les travaux des alchimistes du moyen âge.

L'Académie de médecine a tenu mardi dernier sa séance annuelle. M. J. Béclard, secrétaire annuel, a prononcé un long éloge de Delpech, l'illustre chirurgien de Montpellier, qui périt si malheureusement assassiné en 1832. M. Béclard a suivi son héros depuis les premiers indices de sa vocation médicale jusqu'aux travaux qui couronnèrent sa vie scientifique. Il nous l'a montré successivement élève, militaire, chirurgien et professeur, dans les Pyrénées, à Paris et à Toulouse, toujours affable et recherché, faisant aussi bonne figure dans un salon qu'à l'hôpital, ou en chaire, et trouvant partout moyen de répandre des bienfaits autour de lui. L'indépendance de son esprit le portait facilement loin des voies tracées ; et, dans la pratique de son art, il montrait souvent une hardiesse que le succès couronnait presque toujours. Son *Précis des maladies réputées chirurgicales* et ses *Leçons de chirurgie clinique* contiennent une foule de vues nouvelles, et il serait trop long d'énumérer ici ses nombreux ouvrages. C'est sous sa direction que M. Coste, aujourd'hui professeur au Collége de France, commença ses travaux sur l'embryogénie, qui devaient tant l'illustrer plus tard. L'année même qui précéda sa mort, âgé de près de cinquante-cinq ans, il partit pour l'Angleterre afin d'étudier le choléra, ce nouveau fléau qui menaçait déjà la France ; et, de retour à Paris, il défendit ses opinions sur la nature contagieuse du mal avec toute l'ardeur qu'inspire une forte conviction dans les natures comme la sienne. Ainsi que le disait M. Béclard en terminant, Delpech, plus que tout autre, a justifié ces belles



Digitized by Google

paroles de Massillon : « *Les hommes ne seront véritablement grands qu'autant qu'ils seront utiles.* »

L'inauguration des soirées scientifiques de la Sorbonne a eu lieu vendredi dernier, au milieu d'une foule immense qui n'a pu trouver place tout entière dans l'amphithéâtre. M. Milne Edwards, doyen de la Faculté des sciences, et sous-directeur du Muséum, a parlé de l'*instinct et de l'intelligence des animaux*, et il a su rehausser encore, par le choix habile des exemples et l'heureuse disposition du sujet, l'intérêt que présentait naturellement la description des mœurs des animaux. On trouvera, du reste, plus bas, un compte rendu très-complet de cette séance.

La *Revue* commence aujourd'hui la publication du cours de *Chimie minérale* de M. Riche. Afin de pouvoir offrir à nos lecteurs une quantité de matières plus considérable, ce cours et ceux de MM. Chatin et Becquerel, qui doivent aussi paraître intégralement, seront imprimés en plus petit texte. Enfin, pour terminer dans ce numéro la publication du cours de *physiologie générale* de M. Claude Bernard, nous offrons, en outre, à nos lecteurs un supplément de huit colonnes.

Le numéro de samedi prochain contiendra la leçon d'ouverture du cours de chimie organique de M. Berthelot, et la conférence que M. Boutan fait ce soir même à bonne, sur les *phénomènes de caléfaction*.

Émile Alglave.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

## HISTOIRE NATURELLE.

### CONFÉRENCE DE M. MILNE EDWARDS
(de l'Institut).

### Instinct et intelligence des animaux.

« Un savant éminent qui vivait à côté des philosophes de ce XVIII^e siècle si sceptique et si railleur, un contemporain de Voltaire, un physicien dont le nom est resté populaire et dont l'esprit était accoutumé aux raisonnements rigoureux de la géométrie, mais dont le talent d'observation n'était pas moins exercé, Réaumur enfin, trouvait un plaisir extrême à étudier la nature. Pendant une grande partie de sa vie il poursuivit avec passion des investigations délicates, souvent minutieuses, sur les instincts des animaux, et en résumant le résultat de ces recherches il disait, à l'exemple de Newton, que tout, sur notre globe, aussi bien que dans l'immensité de l'espace étoilé, atteste l'existence de Dieu; mais il aimait à ajouter que l'intervention d'un créateur prévoyant ne lui semblait nulle part plus évidente que dans les actions irréfléchies et pourtant si bien coordonnées de tous ces petits insectes qui grouillent à nos pieds et qui, dans l'opinion du vulgaire, méritent à peine un regard. La même pensée est exprimée avec plus de précision et d'élégance par un autre naturaliste de la même époque, par un savant que ses contemporains appelaient le législateur des sciences naturelles, et que l'on citera toujours parmi les hommes plus éminents des temps modernes: j'ai nommé l'illustre Linné. C'est lui qui disait à ses élèves : *Natura maxime miranda in minimis.*

» Vous comprendrez donc facilement pourquoi j'ai choisi pour sujet principal de notre premier entretien les actions instinctives des animaux. Il m'a semblé qu'en vous parlant des phénomènes dont ces grands esprits ont été si vivement frappés, ma tâche deviendrait plus facile ; et pour vous intéresser en vous instruisant il me suffira peut-être de vous raconter sans ornement de langage quelques-unes des scènes dont le naturaliste est témoin lorsque, à l'exemple de Réaumur, il observe attentivement les mœurs des animaux. »

Après cet exorde, M. Milne Edwards entre tout de suite en matière, et s'attache d'abord à montrer ce que peut être un instinct. L'histoire de l'Abeille xylocope (perce-bois) lui sert d'exemple. Cette abeille, que l'on voit voltiger au printemps dans nos jardins, vit solitaire et meurt presque aussitôt après la ponte de ses œufs ; elle n'a jamais connu ses parents et elle ne vivra pas assez pour voir naître ses petits. Ceux-ci sont pour ainsi dire des enfants posthumes, et à considérer l'état de faiblesse extrême dans lequel ils viennent au monde, on ne croirait jamais qu'ils puissent parvenir à vivre. Ce sont, en effet, de petites larves vermiformes, dépourvues de pattes, incapables de se protéger et même de chercher leur nourriture. Elles n'ont ni père ni mère ; aucune nourrice étrangère ne vient prendre soin d'elles : seules et abandonnées au milieu du monde, elles doivent pourtant vivre en repos pendant près d'un an, et dans une habitation bien close sous peine de périr toutes. D'autre part, comment s'imaginer que la jeune mère avant de pondre son premier œuf ait pu deviner quels seraient les besoins de sa famille future et ce qu'elle devait faire pour en assurer le bien-être ? Eût-elle l'intelligence humaine en partage, elle ne pourrait encore rien savoir de tout cela, car elle n'a ni tradition, ni expérience personnelle, ni moyens d'observation. Tous ces faits, dont la connaissance préalable lui serait nécessaire, elle n'a pu en apprendre aucun. Cependant, c'est elle qui prépare tout, et on la voit agir sans hésitation, comme si l'avenir se dévoilait à ses regards et qu'une raison prévoyante lui servît de guide.

A peine l'Abeille xylocope a-t-elle déployé ses ailes pour la première fois, qu'elle se met résolûment à l'œuvre pour construire la demeure dont ses enfants auront besoin plus tard. A l'aide de ses mandibules, elle creuse dans un poteau ou quelque autre pièce de bois bien exposée au soleil une longue galerie convenablement disposée pour servir de berceau. Ce premier travail achevé, elle va chercher sur les fleurs du pollen et des liquides sucrés, avec lesquels elle prépare une sorte de bouillie qu'elle dépose au fond de sa galerie : c'est une réserve

Digitized by Google

d'aliments destinée à son premier-né, et l'approvisionnement est calculé de manière à ne rien comprendre de superflu et à suffire néanmoins à tous les besoins du jeune animal jusqu'au printemps prochain. La femme la plus intelligente, assistée d'un conseil de matrones expérimentées, serait certainement fort embarrassée si elle devait ainsi préparer d'avance toute la nourriture nécessaire à son enfant depuis sa naissance jusqu'à sa majorité. Cependant l'abeille ne s'y trompe jamais et la tâche lui paraît facile. Aussitôt que le magasin est préparé, elle y place son œuf, et ramassant alors la sciure de bois qu'elle avait rejetée de sa galerie, elle en fait une sorte de mortier pour murer le berceau. Le plafond de cette première cellule devient alors le plancher d'un second magasin de vivres où sera placé le second œuf, et la même série de travaux se renouvelle incessamment jusqu'à ce que la jeune mère ait utilisé la totalité de la galerie qui devient ainsi une habitation à plusieurs étages, dont chaque cellule contient un œuf avec les aliments destinés à nourrir la larve qui en sortira.

M. Milne Edwards expose encore d'autres faits qui mettent également en évidence la science innée de ces petits animaux, et il insiste sur le caractère particulier de ces divers phénomènes. Tout, dans les actions d'un Xylocope, semble calculé avec une précision admirable pour répondre aux besoins des générations futures, et cela, sans que l'insecte puisse avoir la moindre idée de l'utilité de ses actes. De génération en génération, les mêmes travaux sont exécutés de la même manière. Ces insectes n'inventent rien de nouveau, ne perfectionnent rien d'ancien; mais ils apportent en naissant une sorte d'impulsion naturelle qui les pousse à agir d'une certaine façon, et toutes leurs actions sont combinées pour arriver aux résultats voulus par la nature.

Plusieurs autres abeilles solitaires présentent des phénomènes tout aussi remarquables, notamment l'Anthocope ou abeille tapissière, le Mégachite ou abeille coupeuse de feuilles, etc. Les instincts des Sphex surtout sont très-remarquables : ces insectes ont des larves très-carnassières, dont le nid doit être approvisionné pour longtemps avec de la viande fraîche. La femelle qui va devenir mère se met donc en quête d'une proie convenable; mais au lieu de tuer sa victime, elle se contente de la frapper d'une paralysie incurable, en piquant avec son aiguillon un point déterminé du système nerveux; puis elle entasse autour de ses œufs un certain nombre d'insectes rendus ainsi incapables de se défendre contre les attaques de la larve qui doit s'en repaître, et néanmoins encore assez vivants pour que leur corps ne puisse pas se corrompre.

Un instinct tout aussi remarquable, c'est celui qui préside à l'architecture des abeilles, et qui pousse tant d'autres animaux à construire des habitations pour leur usage ou des nids pour leurs petits. M. Milne Edwards cite notamment les castors, plusieurs espèces d'oiseaux et même quelques poissons. Les limites trop restreintes d'une conférence ne lui permettent malheureusement pas de s'étendre autant qu'il l'aurait voulu, sur l'instinct des voyages qui prend un développement si remarquable chez beaucoup d'oiseaux et certains poissons.

Mais au delà des facultés instinctives dont nous venons d'esquisser les traits généraux, on rencontre encore dans le règne animal bien des faits attestant l'existence de facultés d'un ordre supérieur, de facultés intellectuelles. La mémoire et l'association des idées ne peuvent être contestées au chien, à l'éléphant, etc., et M. Milne Edwards cite plusieurs actes d'un orang-outang élevé à la ménagerie du Jardin des plantes, qui ne peuvent s'expliquer qu'en lui reconnaissant la faculté de faire au moins quelques raisonnements. Certains travaux exécutés par les abeilles, dans des circonstances exceptionnelles, prouvent aussi que l'instinct n'est pas leur seul guide, et des observations, faites par Huber, sur les manœuvres des bourdons, supposent également chez eux la faculté de raisonner. Enfin, de nombreux exemples développés par le professeur établissent d'une manière irréfutable que certains animaux, notamment les fourmis et les abeilles, peuvent se communiquer leurs idées et profiter ainsi des observations faites par autrui.

« On voit, dit M. Milne Edwards en terminant, que la plupart des facultés de l'intelligence dont l'homme est si richement doué, n'ont pas été complétement refusées à beaucoup d'animaux : sous ce rapport comme sous tant d'autres, la nature marche graduellement et elle établit une foule de nuances entre les points extrêmes. Ce n'est donc pas sans raison que Leibnitz, Bonnet et plusieurs autres philosophes, ont comparé la création animée à une longue chaîne dont chaque anneau correspondrait à une espèce distincte. Mais l'intelligence des animaux ne s'élève jamais bien haut, et, dans la plupart des cas, elle n'est pour rien dans les actions de ces êtres. D'ordinaire, les animaux ne sont guidés ni par l'expérience ni par le raisonnement, et quelque admirables que puissent être les combinaisons qu'ils réalisent, ils ne savent évidemment ni ce qu'ils font ni pourquoi ils le font. Ils agissent comme l'enfant nouveau-né qui a l'instinct de sucer le sein de sa nourrice sans savoir qu'il en fera sortir l'aliment dont il a besoin; mais l'instinct destiné à céder bientôt la place à une intelligence qui se perfectionnera par l'éducation, ne détermine chez cet enfant que des actes d'une grande simplicité, tandis que l'instinct de beaucoup d'animaux est le mobile d'actions variées, combinées avec une science profonde. Ces êtres n'agissent qu'en aveugles, mais en aveugles qui ont pour guide une intelligence connaissant l'avenir aussi bien que le présent, une intelligence qui est pour chacun d'eux, dans la pleine acception du mot, une *providence*.

» On doit s'étonner qu'en présence de faits tellement significatifs et tellement nombreux, il puisse encore se trouver des hommes qui viennent nous dire que toutes les merveilles de la nature sont de purs effets du hasard, ou bien des conséquences forcées des propriétés géné-

Digitized by Google

rales de la matière, de cette matière qui forme la substance du bois ou la substance d'une pierre; — que les instincts de l'Abeille, de même que les conceptions les plus élevées du génie de l'homme, sont de simples résultats du jeu de ces forces physiques ou chimiques qui déterminent la congélation de l'eau, la combustion du charbon, ou la chute des corps. Ces vaines hypothèses, ou plutôt ces aberrations de l'esprit que l'on déguise parfois sous le nom de *science positive*, sont repoussées par la vraie science; les naturalistes ne sauraient y croire, et aujourd'hui, comme du temps de Réaumur, de Linné, de Cuvier et de tant d'autres hommes de génie, ils ne peuvent se rendre compte des phénomènes dont ils sont témoins qu'en attribuant les œuvres de la création à l'action d'un Créateur. »

Émile Alglave.

---

## FACULTÉ DES SCIENCES.

## PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### XV.

**Théorie des sécrétions fondée sur l'influence des mouvements réflexes paralysants.**

Parmi les mouvements réflexes, il en est qui amènent un mouvement mécanique et d'autres la production d'un liquide, c'est-à-dire une sécrétion. On doit se demander par quel mécanisme ce liquide peut se sécréter dans la glande sous l'influence de ces actions nerveuses. C'est ce que nous allons tâcher d'expliquer.

Mais d'abord signalons deux cas bien distincts d'actions réflexes : les unes, qui produisent la contraction d'un muscle ; les autres, qui amènent son relâchement. L'exemple de ce dernier cas le plus anciennement connu, est celui du cœur qu'on arrête, non pas en systole (car ce serait alors l'état tétanique), mais bien en diastole, et cela par une irritation convenable des nerfs de sensibilité de la peau. Cette action se produit, comme toutes les autres, par des actions réflexes. Nous avons le nerf de sensibilité partant de la peau, et apportant l'*irritation*, origine première des phénomènes ; puis la cellule nerveuse à laquelle il aboutit, et qui sert de centre ; enfin le nerf de mouvement (le pneumogastrique ou spinal) arrive à la fibre musculaire du cœur. La seule différence que nous trouvions entre ce cas et les exemples ordinaires d'actions réflexes, c'est que cette influence produit ici un relâchement du muscle cardiaque au lieu de le contracter. En rendant les deux espèces d'actions réflexes continues, on aura d'un côté le tétanos, et de l'autre le relâchement complet et permanent du muscle. Remarquons, du reste, que si l'on peut obtenir la contraction d'un muscle en agissant sur le nerf de sensibilité, sur l'organe central ou sur le nerf moteur, dans l'exemple du cœur que nous venons de citer, on peut également agir sur l'un quelconque des trois points, et l'effet produit sera le même, qu'on irrite les nerfs de sensibilité de la peau, la substance de la moelle ou le nerf pneumogastrique. Il y a donc parité aussi complète que possible entre les deux cas.

Les mêmes phénomènes d'interruptions se produisent sur la respiration par suite de certaines influences morales et de phénomènes cérébraux divers. Ces mouvements ont été surtout étudiés par Rosenthal. Ce physiologiste a confirmé ce qu'on avait vu déjà du pneumogastrique, mais en précisant davantage ; et il a montré que l'action paralysante, dans ce cas, était due spécialement à certains filets particuliers du pneumogastrique. Ainsi, en excitant le nerf laryngé supérieur, on arrête tout à fait la respiration. Ces faits bien établis font disparaître toutes les contradictions des expériences précédentes, et ils expliquent ce que M. Claude Bernard avait vu bien des fois depuis longtemps déjà. Quand on serre le cou d'un animal, sa respiration s'arrête aussitôt, et l'on dit qu'il étouffe parce qu'il ne peut plus respirer, l'air n'ayant plus d'accès dans ses poumons. Il n'y a pas que cette seule cause, car plusieurs fois M. Claude Bernard ayant fait une ouverture dans la trachée au-dessous de l'endroit où était pratiquée la pression, a vu l'animal suspendre sa respiration subitement, quoique l'air pût entrer facilement dans les poumons. Le défaut d'air n'est donc pas ce qui arrête la respiration dans ce cas : c'est qu'en pressant le cou, on presse en même temps le nerf laryngé supérieur qui arrête les mouvements respiratoires par action réflexe.

On pourrait trouver aussi quelques actions paralysantes du même genre dans les intestins, mais elles ont été beaucoup moins étudiées et sont restées plus obscures. D'ailleurs les deux exemples précédents suffisent amplement pour l'exposition des idées qui vont suivre.

Ces actions réflexes paralysantes, qui jouent un si grand rôle dans l'organisme, peuvent peut-être servir à expliquer certains phénomènes restés jusqu'ici fort obscurs, entre autres les sécrétions dont nous ne nous faisons pas encore une idée bien exacte, au moins quant à leur mécanisme.

Dans une glande, on trouve d'abord des cellules glandulaires, puis des éléments contractiles, enfin du tissu conjonctif et des vaisseaux. Or, on ne conçoit pas l'action d'un nerf moteur sur une autre substance que sur une substance contractile, et, d'un autre côté, il est certain maintenant que les sécrétions sont dues à une action du système nerveux. Il faut donc admettre que dans le phénomène des sécrétions il y a une action du nerf moteur sur une substance contractile; et en effet, nous venons de le dire, on en trouve dans les glandes. Mais les actions

(1) Voy. les nos 19, 22, 24, 27, 29, 34, 35, 38, 42, 43, 44, 45, 48, 50 et 51 de notre première année, et les nos 1 et 2 de la seconde.

Digitized by Google

réflexes du système nerveux qui dominent tous ces phénomènes produisent tantôt une contraction, et tantôt un relâchement du muscle. La sécrétion sera-t-elle due à une action contractante ou à une action paralysante? M. Claude Bernard pense qu'elle est due à une action réflexe paralysante, et voici les raisons que lui ont fournies ses récentes expériences à l'appui de sa théorie.

Toutes ces expériences ont été faites sur la glande sous-maxillaire du chien. Cette glande forme une masse sphérique recevant une artère de la carotide externe et émettant un rameau veineux qui va rejoindre la veine jugulaire externe. L'action du système nerveux sur cette glande s'exerce au moyen de filets nerveux provenant de la corde du tympan et du ganglion cervical supérieur du grand sympathique; enfin elle est pourvue d'un conduit excréteur qui amène la salive dans la bouche.

La sécrétion se produit là par une action réflexe, et il est facile de le prouver en excitant le nerf lingual d'une manière quelconque. Nous trouvons encore ici les trois organes que suppose toujours une action réflexe. L'irritation produite sur le nerf de sensibilité, le lingual, se transmet par un centre qui est ici le cerveau, et arrive à la corde du tympan, nerf moteur. On pourrait du reste, suivant les lois ordinaires des actions réflexes, obtenir le phénomène en irritant directement la corde du tympan. Tout se passe d'ailleurs dans cette expérience d'une manière fort simple, et l'on observe très-facilement tous les phénomènes qui se succèdent. Cet exemple peut même prouver merveilleusement combien Cuvier a eu tort de dire que dans un être vivant on ne peut agir sur une partie sans troubler le tout, dont l'état réagirait à son tour sur chacune des parties, de manière à modifier profondément les phénomènes observés. Il n'en est rien, et dans cette expérience, on voit fonctionner la glande avec une netteté parfaite; toutes les influences se produisent sur elles comme sur un être isolé, avec une indépendance parfaite, et l'on ne trouble rien dans les parties voisines.

Quand la glande est en repos, le sang artériel y entre rouge; le sang veineux en sort tout noir et ne contenant plus d'oxygène; il y a eu combustion complète, une combustion respiratoire qui a remplacé l'oxygène par de l'acide carbonique. D'un autre côté, les vaisseaux sont très-resserrés, et, par conséquent, le sang qui passe par l'étroite ouverture qu'ils offrent est en quantité assez peu considérable.

Si maintenant nous reproduisons l'action réflexe par l'irritation du nerf lingual, — ce qui se fait tout simplement en déposant sur la langue un corps sapide, comme un peu de vinaigre, — la glande entre aussitôt en fonction, le conduit excréteur amène dans la bouche une grande quantité de salive; le sang veineux sort de la glande tout rouge et contenant encore beaucoup d'oxygène: on ne peut plus le distinguer du sang artériel; enfin le sang passe très-rapidement et en très-grande masse à travers la glande, parce que les vaisseaux se sont dilatés dans des proportions considérables: la veine donne des pulsations comme l'artère, et si on la coupe elle émet un jet de liquide de plusieurs centimètres.

Eh bien, cherchons maintenant à comprendre ce qui se passe, mais en restant toujours à cheval sur les faits, car si les interprétations peuvent changer, les faits doivent rester les mêmes, et toutes les théories doivent plier devant eux pour s'y adapter. Prenons chacune des circonstances de l'expérience et cherchons-en l'explication. Cette dilatation de l'artère et de la veine, c'est une paralysie des vaisseaux; seulement le point nouveau qu'il faut admettre ici, c'est que cette action paralysante se porte non pas directement sur l'élément musculaire, mais d'abord sur le grand sympathique, lequel contracte certainement les vaisseaux quand son influence n'est pas entravée ou détruite: il suffit en effet de l'irriter d'une manière quelconque, par exemple en coupant un de ses nerfs, pour amener une diminution immédiate du volume des vaisseaux. Ainsi dans notre expérience nous paralysons l'action incessante du grand sympathique qui tend à resserrer les vaisseaux, et ceux-ci se dilatent aussitôt par le relâchement de leur tunique musculaire débarrassée de l'influence du grand sympathique.

Dans la glande sous-maxillaire nous avons donc sur les mêmes fibres musculaires des actions nerveuses de deux genres: celle du grand sympathique qui fait contracter ces fibres, et celle de la corde du tympan qui les dilate en paralysant le grand sympathique. L'action de la corde du tympan correspond à l'activité de la glande, celle du grand sympathique à la période de repos. Ainsi, la sécrétion est une conséquence de l'action paralysante de la corde du tympan sur le grand sympathique.

Il y a maintenant d'autres faits à expliquer. Si nous paralysons complétement cette glande en détruisant tout à fait les nerfs qui s'y rendent, elle se met à fonctionner d'une manière continue, ce qui prouve bien que l'action du système nerveux est une action de contention. En opérant ainsi nous rendons cette sécrétion continuelle, mais seulement à partir de deux ou trois jours après la section du nerf. Ce retard du phénomène vient de ce qu'on ne peut couper le nerf qu'à son entrée dans la glande, et il faut alors, pour que toute action nerveuse soit supprimée, attendre que les derniers filaments de nerf qui se distribuent dans la glande soient complétement détruits par défaut de nutrition.

Pour démontrer d'une autre manière que les phénomènes qui se passent alors sont bien dus à la suppression du nerf, on peut empoisonner l'animal par le curare qui, on le sait, n'agit que sur les nerfs moteurs; on met un tube au conduit de la glande pour amener à l'extérieur la salive produite et mieux apprécier la force de la sécrétion: quand la paralysie du muscle est devenue complète par la mort du système nerveux moteur, on obtient alors une sécrétion extrêmement abondante.

M. Claude Bernard a fait cette expérience de la manière suivante: Elle consiste à injecter, avec une seringue munie d'un tube d'argent excessivement fin, quel-

Digitized by Google

ques gouttes de curare à l'origine de la petite artère qui va à cette glande sous-maxillaire ; puis on ouvre la veine glandulaire pour laisser échapper le sang empoisonné par l'action du curare et l'empêcher de porter ses funestes effets dans l'organisme, de manière que la glande se trouve ainsi seule empoisonnée. Quand on fait ainsi cette injection, la sécrétion se produit tout de suite d'une manière continue ; puis, après un temps plus ou moins long, la glande reprend peu à peu son état normal et il est possible ensuite de recommencer un certain nombre de fois sur le même sujet : on obtient toujours la même chose. Il n'y a pas d'erreur possible dans cette expérience, car M. Claude Bernard a injecté de la même manière divers liquides, de l'eau et même des liquides excitants, sans produire aucun effet sur la sécrétion de la glande. Les résultats obtenus ne peuvent donc être rapportés qu'à la paralysie des fibres musculaires de la glande résultant de l'empoisonnement par le curare des filaments nerveux qui s'y distribuent.

M. Claude Bernard a voulu voir ce que devenait la glande qui sécrétait ainsi d'une manière continue et très-abondante par suite de la section et de la dégénérescence des nerfs. Il vit que cet état de sécrétion incessante durait quelques semaines, la glande diminuait de plus en plus de volume et subissait des changements notables dans la structure de ses tissus. Plusieurs glandes soumises à l'action de ces phénomènes anormaux ont été envoyés à M. Robin qui a pu constater et déterminer ces changements (1). Peut-être aussi la composition chimique de la sécrétion est-elle modifiée dans ces circonstances. Au bout de cinq ou six semaines, quand on opère sur un chien de moyenne force, la sécrétion s'arrête tout à fait ; alors elle reprend au bout d'un certain temps son volume et son état normal : c'est que dans l'intervalle les nerfs se sont régénérés et la glande elle-même a pu se nourrir. Ainsi, la période de repos de la glande est donc le moment de sa nutrition.

Il faut beaucoup de sang pour fournir la quantité d'eau nécessaire à la salive qui se forme, et M. Claude Bernard a vu que la différence entre la quantité contenue dans le sang artériel qui pénètre dans la glande et celle que contient le sang veineux qui en sort, que cette différence, dis-je, correspond exactement à ce que la salive lui a emprunté.

Ces explications de phénomènes fonctionnels par les actions réflexes paralysantes pourront peut-être se multiplier, surtout dans les parties si obscures encore de la physiologie qui touchent au rôle du grand sympathique.

(1) *Étude de la structure du pancréas comparée à celle des glandes salivaires*, publiée dans l'*Étude historique et critique sur les fonctions et les maladies du pancréas*, thèse, par D. Moyse. Paris, in-4, juin 1852, avec 1 planche, p. 57 et suivantes. M. Ch. Robin a montré dans ce travail que les deux glandes dont il s'agit diffèrent dans leur structure intime, et même que la parotide diffère un peu des sous-maxillaires. Ces glandes présentent, de plus, quelques modifications de structure, relatives en particulier à leur épithélium, suivant qu'on les observe pendant l'état de sécrétion active, ou, dans les intervalles de celle-ci, à l'état de repos.

## XVI.

### Considérations générales touchant l'influence des deux systèmes nerveux sur les phénomènes chimiques de l'organisme.

En piquant la moelle épinière, on provoque des mouvements, mais des mouvements différents suivant l'endroit auquel on la pique. Ainsi, quand la blessure est produite à la hauteur des bras, on obtient des mouvements particuliers dans ces membres, parce qu'il y a là un centre spécial. Il y a du reste dans la moelle épinière bien d'autres centres encore pour les actions réflexes, par exemple, le centre respiratoire appelé aussi nœud vital, parce que les animaux supérieurs périssent aussitôt que ce point est atteint d'une manière quelconque ; chez les animaux inférieurs, au contraire, la lésion de cette partie de la moelle ne produit pas toujours des résultats aussi prompts et surtout aussi complets. Nous pouvons citer encore le centre cilio-spinal, placé à la hauteur des deux premières racines rachidiennes dorsales, ainsi que le centre génito-spinal, situé dans la région lombaire, d'où partent les nerfs de la vessie, des organes génitaux et des parties voisines. Enfin, il y a des centres distincts pour certaines actions réflexes, dans le cerveau lui-même, et surtout il y a là le centre général qui domine tous les autres.

Malheureusement, l'étude des centres des actions réflexes est extrêmement difficile, parce qu'il faut s'en rapporter aux phénomènes extérieurs pour interpréter ce qui se passe dans les profondeurs les plus intimes des organes nerveux et les plus difficiles de toutes à explorer.

C'est à peine si de loin en loin quelques rares accidents ont permis de faire sur l'homme d'utiles observations. Enfin, cette partie de la physiologie des nerfs est restée jusqu'ici fort obscure ; presque tous les résultats obtenus y sont encore plus ou moins contestés, même aujourd'hui, et il est difficile, inutile même pour l'enseignement, d'épuiser ces questions à peine explorées dans leurs premiers fondements par quelques travaux tout récents, et livrées aux ardeurs comme aux incertitudes des premières controverses. Laissons le temps faire son œuvre et attendons que tout cela s'éclaircisse un peu. Développer maintenant tous ces débats, ces discussions de détails, ces résultats souvent contradictoires, ce serait risquer bien souvent d'exposer comme une théorie ce qui n'est tout au plus qu'une opinion personnelle, et entrer d'ailleurs dans des détails que nous devons écarter ici, en traitant des phénomènes essentiels de la vie, qui se reproduisent les mêmes chez tous les êtres.

Laissons donc de côté la question des différents centres des actions réflexes, pour exposer des phénomènes beaucoup plus étudiés et surtout beaucoup mieux connus.

Digitized by Google

Dans les leçons précédentes, vous avez vu que le système nerveux exerce une action aussi importante qu'incontestable sur tous les phénomènes de nutrition et de sécrétion qui se produisent dans l'organisme ; son influence peut même s'étendre jusqu'aux phénomènes chimiques. Ce sont là des faits extrêmement remarquables : aussi M. Claude Bernard a-t-il tenu à exposer ses idées sur ce point, en expliquant comment il comprenait le mécanisme de ces différentes actions.

La première chose à dire, c'est que le système nerveux n'est pas indispensable à la production de ces phénomènes, auxquels il prend pourtant une part si considérable dans l'état normal et chez les animaux supérieurs. En effet, la nutrition s'opère très-bien chez l'embryon, quoiqu'il n'ait pas encore de système nerveux, et les végétaux qui ne possèdent jamais d'organes de ce genre n'en forment pas moins des principes immédiats distincts. Quel est donc précisément le rôle du système nerveux dans l'accomplissement de ces phénomènes ? voilà ce que nous tâcherons de faire comprendre tout à l'heure.

On a cru longtemps que les végétaux seuls produisaient des principes immédiats, et que ces principes, une fois formés, passaient ensuite par les voies ordinaires de la nutrition, dans le corps des animaux qui se nourrissaient de ces plantes. Comme conséquence de ces idées, on comparait les végétaux à des appareils de réduction, et les animaux à des appareils de combustion ; les premiers préparaient toutes les substances que les animaux devaient brûler ensuite. Voilà autant d'idées auxquelles il faut renoncer, autant d'opinions sans fondements sérieux qui ne sont plus admissibles aujourd'hui. Les animaux comme les végétaux préparent des principes immédiats : c'est un point bien démontré. Chaque être est complet en lui-même et ne dépend pas directement des autres pour accomplir les fonctions essentielles de la vie ; chaque être, enfin, présente également ces deux parties de la fonction générale de nutrition, ces deux faces d'un même phénomène, qui s'appellent réciproquement et ne se conçoivent pas l'une sans l'autre, à savoir l'assimilation et la désassimilation.

C'est donc bien à tort qu'on a voulu considérer les végétaux comme faits pour les animaux. Les végétaux sont faits pour eux-mêmes tout aussi bien que les autres êtres, et ils vivent à leur manière d'une façon parfaitement indépendante. Cependant, dira-t-on, les plantes peuvent être et sont en fait utilisées par les animaux pour leur nourriture. — Sans doute ; mais cela ne prouve rien. Il y a aussi des animaux qui servent à en nourrir d'autres, des herbivores qui sont dévorés par des carnivores : prétendrait-on en conclure que les premiers sont faits pour les seconds ? Non, évidemment. Eh bien, si de l'utilité que l'homme tire du miel des abeilles, par exemple, vous ne pouvez pas déduire raisonnablement cette conséquence que les abeilles ont été faites pour lui, comment vous serait-il permis d'affirmer que les betteraves ont été créées en vue des animaux, et vivent pour leur plus grand profit, parce que ces animaux se nourrissent du sucre qu'elles produisent ? Des deux côtés, la situation est identique ; chaque être vit pour son propre compte et porte sa fin en lui-même, bien qu'il occupe sa place dans l'ensemble du monde sans en troubler l'harmonie ; et comme conséquence, tout être vivant, quel qu'il soit, peut produire les principes essentiels à son existence, au moins en général.

Ainsi, on avait soutenu bien des fois que les animaux ne produisaient jamais de graisse et qu'ils n'en pouvaient fixer dans leurs tissus qu'autant que leur en fournissaient leurs aliments. Le rôle de l'organisme animal, dans la formation de la graisse, se réduisait donc en quelque sorte à filtrer cette substance pour la séparer de toutes les autres qui s'y trouvaient mélangées ; mais on le jugeait incapable de produire aucune combinaison nouvelle, et le beurre que nous retrouvions au milieu du lait avait dû nécessairement exister, sous la même forme, dans le foin ou l'herbe mangée par la vache. Aujourd'hui cette théorie est tout à fait disparue, et l'erreur en a été démontrée trop manifestement pour qu'elle compte encore un seul adhérent.

Il en est de même pour le sucre. On croyait aussi qu'il se formait exclusivement chez les végétaux. Mais c'était encore là une théorie trompeuse qui s'est écroulée devant les faits comme la précédente. Il ne serait plus possible de nier aujourd'hui que les animaux forment du sucre comme ils en détruisent ; on a clairement démontré qu'ils le forment sur place et qu'ils le font ensuite passer par toutes les transformations qu'il peut subir, jusqu'à sa décomposition en acide carbonique qui fait rentrer une partie de ses éléments dans le monde minéral. Le mécanisme de cette opération est fort analogue à celui qui amène la production de la pepsine, de la ptyaline, de la pancréatine et des autres humeurs spéciales jouant un rôle quelconque dans l'organisme. La formation du sucre a lieu du reste dans une cellule animale, absolument comme dans une cellule végétale. D'un côté comme de l'autre, il se forme d'abord de l'amidon qui se dépose au milieu de la cellule, ainsi qu'on peut le voir notamment dans le foie des animaux ; puis cet amidon se transforme en dextrine, et cette dextrine devient ensuite du sucre ordinaire.

Tous ces faits successifs peuvent parfaitement se produire sans qu'il y ait de système nerveux, ou tout à fait en dehors de son action.

Ce système joue pourtant un rôle fort notable dans les phénomènes qui nous occupent ; seulement son influence n'est pas une influence directe ; elle s'exerce toujours par l'intermédiaire du système circulatoire. Quand l'amidon se transforme en sucre dans une cellule végétale, c'est grâce à l'action de certains ferments et aussi à des conditions particulières de température ou de milieu que la plante réunit alors. Dans le corps des animaux, nous retrouvons ces mêmes conditions ambiantes et ces mêmes ferments. Il n'y a qu'une différence : chez les végé-

Digitized by Google

taux, le phénomène se produit sous l'influence de la séve, de la germination, etc. ; chez les animaux, au contraire, il est dominé par le système nerveux ; seulement ce système n'agit directement que sur le système vasculaire, et ce sont les modifications ainsi produites dans ce second système qui réagissent à leur tour sur les phénomènes chimiques.

Mais le système vasculaire est soumis à l'influence de deux systèmes nerveux plus ou moins distincts : le système du grand sympathique et le système cérébro-spinal ; cherchons donc quel est le rôle de chacun d'eux et quelle part doit légitimement leur revenir dans les faits que nous étudions. Le premier, c'est-à-dire le grand sympathique, joue le rôle de modérateur des vaisseaux ; en l'irritant, on produit un resserrement plus ou moins considérable de ces vaisseaux, resserrement qui apporte une certaine entrave à la circulation, et, par conséquent, la ralentit. Au contraire, en excitant les filets du cérébro-spinal, on provoque la dilatation de ces mêmes vaisseaux. Voilà tout le mécanisme de l'influence nerveuse. Avec ces deux seuls modes d'action, resserrement ou dilatation des vaisseaux, le système nerveux gouverne tous les phénomènes chimiques de l'organisme.

Ces deux genres d'influence correspondent eux-mêmes à des faits que nous connaissons déjà.

Le resserrement des vaisseaux, c'est la contraction des fibres musculaires qui les enveloppent, contraction déterminée par les filets du grand sympathique ; — leur dilatation, au contraire, c'est l'action paralysante du système cérébro-spinal sur le grand sympathique dont nous avons parlé récemment en exposant le mécanisme des sécrétions.

Pour augmenter l'activité des phénomènes chimiques, il suffit de paralyser le grand sympathique, mais il n'est pas absolument nécessaire de le couper pour cela : on peut se contenter de suspendre son influence, résultat qu'il est facile d'obtenir par l'action d'un nerf sur un autre. Montrons d'abord qu'on peut produire cet effet par une section des filets nerveux. Si l'on coupe les filets du grand sympathique dans une seule des deux oreilles, on observe du côté correspondant de la tête une augmentation notable de sensibilité, un afflux de sang bien plus considérable, et une température plus élevée que dans l'autre moitié de la tête. Tout cela peut tenir d'abord à la plus grande quantité de sang qui arrive alors dans cette région ; cependant il doit y avoir autre chose encore, et il est probable que le sang n'y est pas seulement en quantité plus considérable, mais qu'il y possède aussi une température plus élevée. On a du reste constaté la même chose sur d'autres parties, dans le foie par exemple : le le sang en sort plus chaud qu'il n'y était entré. Ainsi, en détruisant l'action du grand sympathique sur un organe par la section des filets de ce système, on provoque une exaltation considérable des phénomènes chimiques.

Mais nous avons dit que le même effet peut s'obtenir sans couper le grand sympathique. Il faut alors exciter un nerf sensitif du système cérébro-spinal, de telle sorte que ce nerf puisse réagir sur les filets du grand sympathique et arrêter leur influence. Ainsi, quand on pince une partie quelconque du corps, elle devient rouge par suite de l'action paralysante exercée sur les muscles des vaisseaux qui prennent ainsi un volume plus considérable et contiennent par conséquent beaucoup plus de sang. De même, quand une glande entre en fonction, de pâle qu'elle était, elle devient turgescente, et le sang y afflue de toute part, par suite de la même modification dans l'état des vaisseaux. Ainsi, partout où les actions chimiques augmentent d'intensité, il y a paralysie du grand sympathique, et, par suite, dilatation des vaisseaux sanguins. Au contraire, quand ces phénomènes diminuent, la tonicité du grand sympathique augmente parallèlement, et son action sur la tunique musculaire des vaisseaux, devenue plus énergique qu'auparavant, resserre notablement leur calibre.

Nous pouvons choisir tout de suite parmi les phénomènes ordinaires de l'organisme des exemples de ce genre d'action. Dans l'état normal, le sang arrive aux capillaires sans aucune impulsion propre, parce que l'impulsion cardiaque primitive a été complétement détruite par les frottements considérables que le sang a rencontrés tout le long des artères. Mais si l'on paralyse à l'aide d'un des moyens que nous venons d'indiquer l'action du grand sympathique sur les vaisseaux sanguins, ceux-ci se dilatent aussitôt, et la colonne liquide trouvant un bien plus large espace ouvert à son passage, les frottements qu'elle subit dans son trajet diminuent notablement. Il en résulte que le sang, en arrivant dans les capillaires, n'a plus perdu toute sa force d'impulsion initiale, et l'on observe alors des battements, non pas seulement dans les capillaires, mais aussi dans les veines. M. Claude Bernard a souvent observé ces phénomènes sur le cheval, et voici comment il faut disposer l'expérience pour arriver à ce résultat. On prend les deux branches de l'artère faciale allant à la langue avec les veines corollaires, et en ouvrant ces différents vaisseaux, on voit le sang tomber de la veine goutte à goutte. Mais coupez alors les filets du grand sympathique sur un côté seulement, et la veine correspondante laissera s'échapper aussitôt un véritable courant sanguin, tandis que l'autre côté ne présentera aucune modification du phénomène. Enfin, si l'on met le manomètre sur les deux artères, le mercure sera soulevé du côté où l'on a pratiqué la section du grand sympathique.

Ainsi, le système cérébro-spinal agit sur le grand sympathique pour le paralyser, et, en parlant des sécrétions, nous avons vu un exemple remarquable de ce genre d'influence dans l'action qu'exerce la corde du tympan sur les filets nerveux du grand sympathique qui se distribuent à la glande salivaire sous-maxilliare. L'afflux du sang présente alors une importance considérable au point de vue du phénomène fonctionnel qui doit s'accomplir. Nous trouvons en effet dans la glande des cellules contenant certains principes chimiques particuliers ; la para-

Digitized by Google

lysie du grand sympathique amène au milieu de ces cellules une quantité de sang considérable, et ce sang dissout la glande, ou plutôt les principes qu'elle contient. Voilà comment peut s'accomplir le phénomène si mystérieux des sécrétions. L'étude de la constitution intime des vaisseaux capillaires va encore nous fournir sur ce point des lumières nouvelles, et elle nous permettra peut-être d'expliquer l'intermittence de cette grande fonction.

Il est démontré aujourd'hui que les vaisseaux capillaires sont très-contractiles, contrairement aux opinions qui ont longtemps régné sur ce point. La description de ce système capillaire va nous le prouver clairement. Il y a d'abord des vaisseaux continuant les artères et présentant la même constitution; leur enveloppe est donc formée par trois membranes superposées : à l'extérieur une membrane séreuse, à l'intérieur une membrane contractile, et entre les deux une membrane élastique. Cette membrane élastique, très-épaisse dans les grosses artères, s'amincit progressivement à mesure qu'on s'avance dans les petites, de telle sorte que c'est de plus en plus la membrane contractile qui devient avec la membrane externe la partie importante de la tunique vasculaire. Ces petites artères aboutissent elles-mêmes à d'autres vaisseaux capillaires qui n'ont plus de membrane contractile, et sont formés uniquement par une enveloppe excessivement mince, avec des noyaux décrits par tous les anatomistes. Puis viennent les veines d'abord fort étroites et qui s'embranchent successivement dans des canaux plus considérables ramenant le sang au cœur d'où il était parti. Mais les artérioles capillaires ont aussi avec les veines des communications directes, grâce auxquelles le sang peut arriver dans le système veineux sans passer par les petits vaisseaux capillaires non contractiles dont nous venons de parler à l'instant : or, c'est dans cette dernière espèce de canaux que s'accomplit le phénomène de l'endosmose au milieu de la glande en sécrétion.

Ces communications directes entre les artères et les veines sont maintenant bien établies dans la science, et on ne les conteste plus guère en principe. M. Claude Bernard a déjà constaté des rapports de ce genre dans le foie entre la veine cave et la veine porte; Virchow en a observé de semblables dans la rate, et plusieurs expérimentateurs ont vérifié les mêmes faits sur d'autres organes glandulaires. Il y a donc en quelque sorte un double système capillaire, une double voie circulatoire offerte au sang qui doit passer des artères dans les veines : l'une, directe, par ces canaux spéciaux et contractiles qui réunissent ensemble les deux grands arbres circulatoires; l'autre, plus détournée, passant par ces petits vaisseaux capillaires non contractiles où s'accomplissent le phénomène de l'endosmose, le phénomène des sécrétions et les autres phénomènes analogues. Le sang peut donc se transporter d'une artère dans une veine, sans traverser tous les éléments de l'organisme.

Cette constitution des vaisseaux capillaires une fois bien connue, laissons de côté l'anatomie, et cherchons à déterminer les conséquences qui peuvent résulter d'une telle disposition au point de vue des sécrétions. Dans l'état normal, il peut fort bien se faire que l'entrée des petits vaisseaux capillaires soit fermée par un obstacle quelconque, et que le sang ne pouvant s'y engager, soit forcé de passer par ces communications directes formées de capillaires plus gros allant des artères aux veines, et pourvus d'une forte membrane contractile. En un mot, on peut admettre à l'extrémité des artérioles capillaires, et à l'endroit même où elles cessent d'être contractiles, l'existence de sphincters spéciaux, plus ou moins relâchés sans doute à l'état normal, mais qui empêcheraient cependant l'accès du sang dans les petits vaisseaux capillaires. L'anatomie comparée démontre même en quelque sorte la vérité de cette hypothèse, car ce que nous supposons ici pour tous les animaux supérieurs, on l'a observé positivement dans quelques cas. La langouste, par exemple, possède un système artériel aboutissant à un système veineux lacunaire, et, à l'extrémité de ces artères, tous les anatomistes décrivent des sphincters spéciaux, qui, en se resserrant plus ou moins, peuvent interrompre toute communication entre les deux systèmes circulatoires, et arrêter complétement le sang. Eh bien, l'action du grand sympathique correspond à l'état de contraction ou de fermeture de nos petits sphincters; au contraire, la paralysie de ce système nerveux produit l'ouverture des canaux capillaires par suite du relâchement des fibres du sphincter.

Appliquons maintenant ces idées théoriques d'une manière plus particulière à une des principales glandes de l'organisme, le foie, et aux phénomènes qui s'y produisent. Quand le grand sympathique est en état de tonicité, les sphincters des petits vaisseaux capillaires sont fermés, et le sang passe directement de la veine porte dans la veine cave. Mais paralysons le grand sympathique, et les sphincters se relâcheront aussitôt; le sang pourra donc pénétrer à travers le réseau des petits capillaires, et il affluera en grande quantité dans les cellules du foie qui contiennent de l'amidon produit sous l'influence de l'action vitale. Cet amidon est capable de se transformer en sucre, si on le met en contact avec de la diastase, dans un milieu présentant d'ailleurs des conditions convenables de température et d'humidité. Or, le sang satisfait pleinement à toutes ces exigences; il fournit de l'eau plus qu'il n'en faut; la chaleur animale maintient sa température, comme celle de l'organe lui-même, à un niveau convenable; enfin, il contient toujours de la diastase. Tous les éléments nécessaires se trouvent donc réunis, et le sucre va se former rapidement.

Mais, au lieu d'une paralysie accidentelle et momentanée du grand sympathique, comme nous l'avons supposée jusqu'ici, et telle qu'elle se produit dans l'état normal des sécrétions, admettons qu'il y ait une paralysie constante et plus ou moins complète de ce système. Il va se former alors des quantités de sucre considérables



Digitized by Google

que l'animal sera impuissant à détruire tout entières dans le phénomène de la respiration. Le sucre excédant s'en ira donc par diverses voies, notamment par celle des urines, et nous aurons un animal diabétique.

Les moyens ne manquent pas pour rendre un animal diabétique; mais il serait bien inutile de les exposer tous, et nous allons en choisir un seul, fort curieux du reste, qui est fondé sur l'action d'un poison dont nous avons parlé déjà bien des fois, le curare. Ce poison, comme vous le savez, détruit le système nerveux moteur, et ne détruit que lui, de telle sorte que la mort de l'animal résulte simplement de l'arrêt des mouvements respiratoires et de l'asphyxie qui en est la conséquence. Mais, en administrant le curare à petite dose, l'action marche lentement; les nerfs moteurs de la vie organique s'empoisonnent successivement, les vaisseaux se dilatent de plus en plus, et par suite toutes les sécrétions s'exagèrent dans des proportions considérables. L'animal pleure et salive énormément, etc.; enfin, le foie sécrète beaucoup de sucre, et comme la respiration n'est pas assez active pour détruire tout ce qui se forme, il en passe une grande quantité dans les urines. Voici les résultats fournis par l'urine de ce lapin qui a subi un traitement de ce genre : elle est douée maintenant d'une action réductrice; elle fermente, elle donne de l'acide carbonique, en un mot, elle présente tous les caractères des urines diabétiques. Du reste, quand on calcule convenablement la dose de curare de manière à ne donner qu'une quantité très-faible et tout juste suffisante pour atteindre le but qu'on poursuit, l'animal peut parfaitement éliminer le poison, et survivre ainsi au traitement qu'on lui a imposé. Le lapin sur lequel nous opérons en est un exemple, car c'est la seconde fois déjà qu'il subit l'action du curare dans ces conditions, et rien ne prouve qu'il doive succomber à cette nouvelle expérience.

Nous avons dit qu'il y avait encore beaucoup d'autres moyens pour rendre un animal diabétique. On y arrivera, par exemple, d'une manière bien simple en coupant les filets du grand sympathique à leur entrée dans le foie. Mais on peut aussi produire le même résultat en agissant sur le centre du système grand sympathique du foie, centre qui est situé dans la moelle allongée, un peu au-dessus de l'origine du nerf pneumogastrique; c'est ce point, en effet, qui préside à la plupart des actions du grand sympathique, et notamment à celles qui se produisent dans les filets nerveux se distribuant au foie. Les influences morales peuvent aussi rendre un animal momentanément diabétique, et l'on a observé plusieurs fois ce fait à la suite de grandes colères.

Les actions chimiques ne sont, au fond, que des actions de contact entre les molécules des corps douées de propriétés différentes. Mais il ne faudrait pas s'imaginer que le grand sympathique produit en quoi que ce soit ces phénomènes; son rôle se borne uniquement à mettre en présence les éléments capables d'en provoquer la manifestation. Ainsi ce n'est pas lui qui produit le sucre; il ne crée pas la diastase; il n'est point la source de la chaleur animale, et n'entretient point la composition du sang, il ne forme même pas l'amidon au milieu des cellules du foie. Mais, grâce au mécanisme que nous avons exposé tout à l'heure, il met en contact le sang avec la matière contenue dans le foie et sécrétée par cet organe. C'est aux propriétés de ces corps qu'il faut rapporter la production du phénomène. Cela est si vrai, qu'en opérant sur un animal malade dont le foie ne forme plus de sucre, nous aurons beau paralyser ou détruire le grand sympathique et laisser un libre accès au sang, nous ne parviendrons jamais à produire la plus petite parcelle de sucre. Le rôle du système nerveux ressemble donc ici à celui d'un chimiste; quand on réunit de la potasse et de l'acide sulfurique, le sel qui se forme est une conséquence des propriétés de ces deux corps, mais le chimiste n'entre pour rien dans les causes du phénomène: il a rapproché les éléments, et voilà tout. Eh bien, le grand sympathique ne fait aussi que rapprocher des substances venues de points divers, et ce sont les réactions mutuelles de ces substances qui produisent véritablement la sécrétion.

L'action du grand sympathique reste donc jusqu'ici fort obscure, et cette partie de la physiologie a encore beaucoup de progrès à faire. Ce n'est pas à dire, cependant, qu'on ne puisse déjà distinguer quelques grands faits et certains caractères dominants au milieu de toutes les variétés de ce système. Disons d'abord qu'il diffère beaucoup du système cérébro-spinal, qui est en rapport avec des phénomènes bien plus nets, mieux isolés et mieux connus, les phénomènes de conscience, ceux de la vie de relation et les mouvements directs. Le système cérébro-spinal est d'ailleurs intermittent dans son action, tandis que l'autre agit toujours d'une manière continue. Ce qu'on peut dire de plus vrai d'une manière générale sur l'action du grand sympathique, c'est que c'est une action modératrice; il agit surtout par son absence. Voilà un résultat que tous les travaux actuels permettent de constater. Quant aux détails, ce sont des questions encore à l'étude, c'est-à-dire fort controversées, et interdites par conséquent à un enseignement de ce genre. Mais c'est déjà quelque chose d'avoir pu indiquer certains résultats plus intéressants ou mieux établis que les autres, et développer même quelques idées générales sur le rôle du grand sympathique dans l'organisme. D'ailleurs, entrer dans les détails et les particularités, ce serait sortir du cercle de la physiologie générale, car ce que nous dirions alors ne serait plus également vrai de l'homme et de tous les animaux, tandis que les idées et les faits exposés plus haut s'appliquent indifféremment à tous les degrés de l'échelle des êtres.

Ces considérations terminent tout ce que M. Claude Bernard avait l'intention de dire sur l'ensemble des phénomènes chimiques gouvernés par le système nerveux. Il resterait à parler du système nerveux central, mais c'est une question tout à fait différente, tout à fait à part,

Digitized by Google

et qu'il n'est plus temps d'aborder cette année : elle ouvrira le cours de l'été prochain.

En annonçant la clôture des leçons de cette année, M. Claude Bernard remercie ses auditeurs de la constante bienveillance avec laquelle ils l'ont suivi.

ÉMILE ALGLAVE.

---

## UNIVERSITÉ DE NAPLES

## MÉTÉOROLOGIE.

### COURS DE M. PALMIERI.

#### Électricité atmosphérique.

Je vous ai fait déjà connaître les divers instruments destinés à mesurer les tensions électriques, et je vous ai montré mon électromètre à deux fils, qui est très-sensible, et à l'aide duquel on peut obtenir des mesures absolues, surtout en se servant des arcs impulsifs. Ces arcs sont presque indépendants des pertes résultant de l'humidité de l'air ambiant, parce qu'on mesure les tensions dans le point même où elles se produisent, et avant qu'elles aient pu subir des pertes notables. Je dois maintenant vous exposer les méthodes auxquelles on a eu recours jusqu'ici pour faire des observations sur l'électricité atmosphérique, et vous indiquer parmi elles celle que j'ai adoptée depuis longtemps, et que je crois la meilleure.

Je ne vous entretiendrai pas des méthodes qui ont simplement pour but d'établir l'existence de l'électricité atmosphérique, parce que ces méthodes ne peuvent pas servir à faire des observations régulières. Je ne vous parlerai donc, ni du cerf-volant de Franklin, ni des ballons captifs, ni des flèches lancées dans l'air du haut de la montagne, etc., etc. Je m'arrêterai seulement sur les méthodes à l'aide desquelles on a fait des observations plus ou moins sérieuses et régulières. Ces méthodes peuvent se ramener à trois :

I. Méthode du *conducteur fixe*;
II. Méthode de l'*électromètre mobile*;
III. Méthode du *conducteur mobile*.

*Méthode du conducteur fixe.* — Elle consiste à mettre un conducteur isolé à une certaine hauteur et se terminant par une ou plusieurs pointes, ou bien encore par une flamme; on tient ce conducteur en communication avec les électromètres, qui se trouvent dans une chambre placée au-dessous. Quand bien même on aurait un bon électromètre, qui pourrait donner des mesures absolues, les observations ne seraient pas encore exactes, parce que les tensions mesurées ainsi ne sont pas dans une relation constante avec l'électricité libre que contient l'air. Vous connaissez la machine électrique, et vous savez que les tensions obtenues sur le conducteur sont susceptibles de varier. Supposez maintenant que le plateau et les coussins se trouvent dans les mêmes conditions, le conducteur vous donnera néanmoins des tensions différentes, suivant l'état hygrométrique de l'air : ainsi, le conducteur fixe se chargera très-facilement dans les temps secs, mais dans les temps humides il perdra une partie notable, ou quelquefois même la totalité de son électricité. Ce qu'on observe, c'est donc simplement l'excès de l'électricité recueillie sur celle qu'on a perdue. L'électricité qu'on trouve sur les conducteurs isolés et exposés à l'air libre ne leur est pas communiquée par le contact de l'air ambiant; elle leur vient des régions supérieures de l'atmosphère. Voilà pourquoi le conducteur terminé par une ou plusieurs pointes, ou par une flamme, a besoin d'un certain temps pour se charger et pour arriver au maximum de tension correspondante à l'heure de l'observation. Le temps est à peu près de cinq minutes, et cela suffit pour qu'on puisse avoir des pertes considérables et très-diverses : il est donc bien évident que les tensions observées sont simplement une fraction variable de celles qui existaient dans l'air. Voilà pourquoi il arrive souvent qu'on reste plusieurs jours, et même quelques semaines, sans obtenir de tension sur le conducteur fixe, tandis qu'on peut constater par d'autres moyens l'existence d'une grande quantité d'électricité dans l'atmosphère, comme Peltier l'a fait voir pour la première fois. La méthode du conducteur fixe ne peut donc pas fournir des mesures qui aient une véritable valeur scientifique, quand bien même on se servirait de conducteurs parfaits, et partant égaux dans les diverses stations météorologiques. Lorsque le conducteur fixe ne vous donnera aucune tension, vous pourrez facilement en obtenir une avec le condensateur; mais aurez-vous des valeurs scientifiques?

II. *Méthode de l'électromètre mobile.* — Saussure avait remarqué que lorsqu'un électroscope s'élève dans l'air libre, par un ciel serein, il indique de l'électricité positive; s'il se décharge et qu'il descende, il indique au contraire de l'électricité négative. Hermann, répétant cette expérience, proposa de mesurer l'intensité de l'électricité atmosphérique par la tension qu'acquiert un conducteur qui vient d'être élevé dans l'air très-rapidement. Quelques années après, Peltier, répétant aussi l'expérience de Saussure et de Hermann, inventa l'électromètre atmosphérique qui porte son nom, et dont on se sert depuis longtemps pour les observations de météorologie électrique à l'observatoire de Bruxelles, sous la direction de M. Quételet. Si l'on élève cet électromètre à une certaine hauteur sur une terrasse bien exposée, en temps ordinaire, il prend de l'électricité positive, dont on ne pourra pas constater la présence; mais aussitôt que l'électromètre sera mis en communication avec le sol et redescendra, on aura une tension électrique opposée, c'est-à-dire négative, que l'on peut mesurer et qu'on suppose être égale à la tension électrique positive développée pendant l'ascension.

Digitized by Google

Il arrive parfois que l'électricité obtenue pendant la descente de l'électromètre est positive; il est certain alors que l'électricité produite pendant l'ascension était négative: il en résulte que, après avoir mesuré la tension obtenue à la descente, on se trouve obligé d'examiner la nature de l'électricité développée.

En opérant avec la méthode du conducteur fixe, on n'obtient souvent aucune trace d'électricité dans l'air, tandis que l'électromètre mobile accuse des tensions plus ou moins fortes; mais je crois qu'on ne peut pas encore obtenir ainsi de mesures absolues et comparables, car :

1° En attendant que l'index s'arrête, on a des pertes électriques, variables selon l'humidité de l'air, et par suite les tensions qu'on mesure sont une fraction de celles qu'on devrait mesurer, sans qu'on puisse apprécier les pertes.

2° On ne peut pas faire des observations pendant les grandes pluies.

3° Il est difficile de noter les changements instantanés qui arrivent dans les orages.

4° Il y a erreur de parallaxe.

5° Enfin les observations sont très-incommodes.

III. *Méthode du conducteur mobile.* — En 1850, je repris l'étude des phénomènes observés par Saussure, Hermann et Peltier, et j'adoptai le conducteur mobile. L'électricité atmosphérique agissant par influence sur les conducteurs exposés à l'air libre, on comprend que cette action doit être lente sur les conducteurs fixes et rapide sur les conducteurs mobiles.

Ce serait m'étendre beaucoup trop que de vous décrire toutes les expériences que j'ai faites sur ce sujet; je me bornerai donc à vous en rappeler quelques-unes.

Prenez un vase métallique plein d'eau, avec quelques trous dans le fond, trous qu'on peut, du reste, percer à volonté. Placez ce vase à l'air libre, isolé, et à une certaine hauteur; ensuite ouvrez les trous, et laissez couler l'eau dans un autre vase métallique également isolé : le vase supérieur se chargera d'électricité positive, le vase inférieur d'électricité négative. Si le liquide tombe sur le sol, l'électricité positive du vase supérieur sera en quantité plus considérable ; l'électricité négative du vase inférieur augmenterait également d'intensité, si le vase supérieur n'était pas isolé. En faisant l'expérience par un temps où l'électricité négative domine dans l'air, vous obtiendrez des phénomènes tout contraires.

Mettez de l'eau dans une fontaine à compression, et soumettez l'air intérieur à une pression de 2 atmosphères environ. Faites sortir le jet à l'air libre, et si la fontaine est isolée, vous la verrez, par un temps ordinaire, s'électriser négativement, tandis que le jet sera électrisé positivement à partir d'une certaine hauteur; mais si vous examinez les gouttes d'eau qui tombent dans la partie descendante de la parabole, vous trouverez qu'elles sont électrisées négativement; la tension électrique est plus forte dans le jet montant, mais ce serait l'inverse si la fontaine n'était pas isolée. En répétant cette expérience lorsque l'atmosphère est chargée d'électricité négative, vous trouverez l'électricité négative dans le jet qui monte, et l'électricité positive dans la partie descendante de la parabole. Les tensions observées sont proportionnelles à la tension de l'air : si celle-ci est faible ou nulle, ou bien si l'on s'est placé dans de mauvaises circonstances, on n'obtiendra point du tout d'électricité.

Si vous faites mouvoir horizontalement un conducteur dans un horizon libre de toutes parts, il n'y aura pas d'électricité produite; mais s'il y a dans le voisinage un mur, une montagne, etc., lorsque vous tournerez le conducteur de ce côté, il indiquera l'électricité négative, et en le tournant dans la direction opposée, il indiquera l'électricité positive. En général, si vous rapprochez à l'air libre deux conducteurs, dont l'un se trouve en communication avec un électroscope très-sensible, vous obtiendrez de l'électricité négative, et si vous les éloignez, il se développera de l'électricité positive. Les tensions varient d'une heure à l'autre, selon l'état de l'électricité atmosphérique; on en trouvera surtout de très-fortes à l'approche des grandes pluies, et lorsque l'électricité atmosphérique sera négative, tous ces phénomènes se présenteront dans un ordre inverse. Il est inutile de dire que ces phénomènes ne s'observent jamais dans l'intérieur d'une salle couverte, quelle que soit d'ailleurs son étendue.

Cent autres exemples du même genre pourraient prouver que l'électricité atmosphérique agit par influence, et ne se communique point par le contact immédiat ; de là vient que tous les corps qui se trouvent sur la terre possèdent un état électrique opposé à celui du conducteur fixe.

A cause des erreurs et des inconvénients auxquels la méthode du conducteur fixe doit nécessairement conduire, je me suis servi du conducteur mobile depuis 1852, dans l'observatoire Vésuvien, et c'est avec celui-ci que j'ai remporté le premier prix proposé par l'Académie des sciences de Lisbonne.

Cette méthode a été adoptée aussi par d'autres observateurs, et notamment par M. Secchi, directeur du Collége romain. Voici les parties essentielles de cet appareil. Dans la partie la plus élevée de l'observatoire se trouve une petite chambre dont le plafond est percé d'un petit trou d'un décimètre de diamètre environ. Ce trou sert d'issue à un conducteur formé par un tuyau de laiton de 15 millimètres de diamètre, qui porte à sa partie inférieure un bâton de verre muni d'une poulie, et à sa partie supérieure un globe de 15 centimètres de diamètre, ou même un disque de surface égale à celle du globe.

Ce conducteur est long de 2 mètres, et sa partie extérieure porte un entonnoir qui empêche la pluie d'entrer dans le trou percé à travers le plafond de la petite chambre. La partie inférieure de ce trou est fermée par un disque de verre percé en son centre et muni d'un an-

Digitized by Google

neau de laiton qui sert de guide au conducteur. Auprès du conducteur, sur une table appuyée contre le mur, se trouvent : l'électromètre à deux fils, l'électroscope de Bönhenberger, un galvanomètre ayant l'un de ses fils en communication avec le sol, et tous les autres appareils dont on peut avoir besoin. Il suffit de tirer une ficelle pour que le conducteur s'élève de 1 mètre 80 centimètres, après avoir été mis en communication avec l'électromètre, et l'on voit aussitôt l'index dévier par un arc impulsif qui vient se mesurer à l'instant même; de ce premier arc on déduit l'arc définitif, à l'extrémité duquel l'index s'arrêterait, s'il n'y avait pas de perte pendant la durée des oscillations : et ainsi, avec la formule connue du système à deux fils, on a la mesure de la tension électrique observée à l'instant même où elle naît, et avant qu'elle ait pu subir des pertes sensibles. Pour savoir si l'électricité est positive ou négative, il suffira, après avoir descendu le conducteur, de le mettre en communication avec l'électroscope de Bönhenberger; en effet, l'électricité qu'on obtient en descendant est toujours opposée à celle qu'on avait en montant.

Dans les temps d'orage, il sera utile de faire des observations au moyen du conducteur fixe, pour étudier certains phénomènes; vous pourrez alors maintenir le conducteur plus ou moins élevé, en plaçant sur le globe ou sur le disque un faisceau de plusieurs pointes, ou même une flamme. Lorsqu'il s'agira de mesures, vous vous servirez du disque, en élevant le conducteur comme il est expliqué ci-dessus.

On préfère le disque au globe, parce que les vents très-forts ne peuvent pas l'ébranler, mais les effets sont les mêmes. Lorsque vous aurez de l'électricité dynamique, vous pourrez mettre l'un des bouts du galvanomètre en communication avec le conducteur, et l'autre bout en communication avec le sol.

En employant des conducteurs de même dimension, qui montent de la même longueur et avec la même vitesse, on doit avoir des tensions parfaitement comparables. Il est bien entendu qu'il faut des électromètres semblables, et qu'on doit éviter toute perte sensible. Vous pouvez maintenant comprendre comment l'électromètre d'induction à deux fils présente l'avantage de donner des mesures absolues et comparables; vous savez aussi qu'en mesurant les tensions par les arcs impulsifs, à l'instant où elles se produisent, ou même dans l'espace d'une seconde, on ne peut pas avoir de perte sensible. Concluons donc qu'au moyen du nouvel appareil, on peut vraiment connaître la tension électrique existant dans l'atmosphère.

Je dois vous faire observer que le fil de cuivre au moyen duquel le conducteur est en communication avec l'électromètre ne doit pas dépasser un mètre de longueur : en lui donnant des dimensions plus considérables, on s'exposerait à des pertes.

Avec cette méthode, les observations deviennent faciles dans toutes les conditions atmosphériques ; elle permet d'opérer au moyen du conducteur fixe comme au moyen du conducteur mobile, et de suivre ainsi les manifestations de l'électricité statique et de l'électricité dynamique.

Pour les mesures absolues, il faudrait choisir une unité, et les savants ne se sont pas encore mis d'accord sur ce point. J'en ai adopté une; M. Secchi en a pris une autre; M. Weber, M. Hankel ont également proposé la leur.

Les pertes qu'on éprouve en faisant des observations d'après la méthode du conducteur mobile mesurant les arcs impulsifs sont certainement bien petites, cependant elles ne sont pas tout à fait nulles ; or, si nous n'arrivons pas à calculer exactement ces pertes, nous ne pourrons jamais dire que nos observations sont réellement comparables.

Je crois cependant pouvoir donner des observations tout à fait exactes.

Choisissant les journées où l'air est bien sec, on décharge l'électromètre plusieurs fois successivement, et l'on tient note des arcs impulsifs et définitifs correspondants. On peut ainsi dresser une table de rapports normaux entre chaque arc impulsif et l'arc définitif correspondant. Alors, par un jour quelconque et plus ou moins humide, on mesure l'arc impulsif, et ensuite l'arc définitif au bout duquel s'arrête l'index, en notant le temps que met cet index à terminer ses oscillations. Si cet arc définitif est égal à celui qui est enregistré sur le tableau, il sera démontré qu'on n'a pas eu de pertes; mais s'il est moindre, la différence indiquera les pertes survenues pendant la durée des oscillations, et alors on connaîtra la perte correspondante à chaque seconde. Mais on sait qu'il faut une seconde pour obtenir l'arc impulsif, c'est le temps qu'exige le conducteur mobile pour s'élever; on déterminera donc également la perte subie pendant l'élévation du conducteur. Quand il y a beaucoup d'humidité dans l'intérieur de la chambre, il arrive que l'index ne s'arrête à aucun arc définitif, mais s'achemine plus ou moins rapidement vers le zéro; vous pouvez ainsi voir combien on perd d'électricité dans une seconde. Mais si pendant les oscillations l'index arrive au zéro, — inconvénient qui sera fort rare, — ou bien s'il n'exécute aucun mouvement quand on élève le conducteur, c'est qu'il sera nécessaire d'essuyer ou de chauffer un peu les isoloirs. Si l'on voulait abandonner en Angleterre la méthode à conducteur fixe pour adopter le conducteur mobile, on ne serait pas obligé de maintenir le feu éternel à l'observatoire, comme au temple de Vesta, et l'on pourrait donner des observations précises, les seules utiles aux progrès de la météorologie.

Je vous ai indiqué la méthode expérimentale qui permet d'établir la correspondance entre les arcs impulsifs et les arcs définitifs; mais on peut se passer de cette méthode, en se servant d'une formule qui m'a été donnée

Digitized by Google

par le célèbre mathématicien M. Battaglini. En appelant $\beta$ l'arc impulsif et $\alpha$ l'arc définitif correspondant, on a :

$$\alpha\left(\frac{\beta-\alpha}{\beta}\right) = \text{tang } 1/2\ \alpha.$$

Puisque cette équation existe, en supposant les arcs impulsifs proportionnels aux tensions, et que ces tensions correspondent exactement à l'expérience, l'hypothèse sur laquelle est fondée la formule se trouve démontrée, et c'est précisément celle dont j'avais déjà établi l'exactitude par d'autres moyens.

Mais il est temps de vous développer les résultats obtenus avec cette méthode d'une si grande précision, d'exposer les véritables lois de l'électricité atmosphérique, et de lever enfin les doutes qu'on a jusqu'ici conservés sur son origine. Ce sera l'objet de la prochaine leçon.

Traduit sur le texte italien de
PALMIERI.

— La suite au prochain numéro. —

---

## HOPITAL DE LA CHARITÉ.

## PHYSIQUE MÉDICALE.

### CONFÉRENCE DE M. REMAK
(de Berlin).

### II.

### Sur l'application du courant constant au traitement des névroses (1).

Messieurs,

Avant d'aller plus loin, permettez-moi de revenir sur un point important : la distinction du courant constant et du courant continu.

On se sert surtout en France de l'une et de l'autre de ces expressions indifféremment, mais elles correspondent à des effets très-différents. La pile de Volta et les chaînes qui en sont des modifications immédiates, donnent un courant continu, qui dans certaines conditions peut, d'après la loi de Ohm, si la résistance du corps conducteur est considérable, se rapprocher du courant constant. Mais si la résistance diminue par l'effet du courant lui-même qui ramollit la peau, l'inconstance de la pile se manifestera par des oscillations très-notables, qui influeront non-seulement sur le galvanoscope, mais encore sur le système nerveux. En ce cas, le courant sera toujours continu, mais non constant, c'est-à-dire qu'il s'affaiblira de plus en plus, vu la diminution de la force électro-motrice des plaques métalliques. De la sorte, il finira par s'annuler tout à fait, et cela en très-peu de temps.

Le courant constant est celui qui, au contraire, dure longtemps, même si la résistance est très-faible, sans perdre de son intensité.

(1) Voy. le n° 2 de l'année courante.

L'application du courant constant ne consiste pas toujours en un contact immobile des électrodes et de la peau, elle peut se faire en promenant les électrodes à la surface du corps, mais sans les éloigner, c'est-à-dire sans interruption du passage. J'appelle le premier mode : *application du courant en repos* (*stabile ströme*), et le second : *application du courant en mouvement* (*labile ströme*).

Il y a contradiction apparente entre les termes : courant constant et courant en mouvement, vu que le mouvement n'est pas de la constance; mais cela importe peu. Il nous faut seulement un appareil dont le courant soit constant tant que la résistance est la même. Évidemment, si la résistance change, le courant n'est plus réellement constant.

Complétons aussi ce qui a été dit relativement aux effets visibles des électrodes sur la peau. On voit au pôle négatif, plutôt qu'au pôle positif, une éruption papilleuse et urticaire, quelquefois extrêmement sensible, qui peut, après une application prolongée du courant, s'infiltrer d'un liquide sous-épithélial et se transformer immédiatement après en une eschare brune, qui ne se détache que très-lentement de la peau, et quelquefois même qu'après trois mois, de dehors en dedans, en forme d'assiette, sans produire de suppuration, quand elle n'est pas irritée ou humectée, et sans laisser de trace sur la peau.

On comprend par là combien il est important de distinguer l'action des deux pôles pour les effets du courant, que j'appelle *catalytiques*, c'est-à-dire relatifs au traitement des troubles de circulation, des infiltrations, des endurcissements de tissu, en un mot, de tous les états pathologiques désignés sous le nom d'inflammatoires. Comme dans ces cas il s'agit presque toujours d'un rétrécissement des vaisseaux artériels et lymphatiques, on comprend qu'il faille employer le pôle positif pour produire un effet favorable, d'autant plus qu'en même temps il calme la sensibilité exagérée des nerfs affectés.

Après cette digression, je passe aux effets thérapeutiques généraux du courant constant.

Parmi ces effets, il faut distinguer ceux du courant en repos et ceux du courant en mouvement. Le courant en repos se reconnaît à l'immobilité de l'aiguille du galvanoscope quand le circuit est fermé par l'intermédiaire du corps humain, et le courant en mouvement, aux oscillations de cette aiguille dans les mêmes circonstances. Le courant en repos se produit, nous le répétons, quand les électrodes sont tenues immobiles à la surface du corps, et le courant en mouvement, en les faisant glisser sur cette surface, sans interruption de communication.

En général, l'action du courant en repos est calmante, et celle du courant en mouvement excitante. Cependant, dans les cas de paralysie grave, le courant en repos, quand son action n'est pas trop prolongée, produit un effet antiparalytique plus énergique que le courant en mouvement. Non-seulement les interruptions, mais même

Digitized by Google

les oscillations trop prononcées du courant sont, en pareil cas, plus nuisibles qu'utiles. On peut dire que généralement les interruptions du courant constant affaiblissent et ne produisent un bon effet que dans le traitement local des muscles contracturés, car elles les relâchent, à la condition toutefois que la cause centrale de cette contracture ait été déjà supprimée par un autre traitement approprié. Le courant induit, malgré les fortes contractions qu'il détermine, ne produit pas l'effet curatif des interruptions du courant constant, parce qu'il ne permet pas de ranimer, au moyen d'un circuit fermé, les fibres nerveuses motrices, ni d'amener le gonflement des muscles dont nous parlerons plus loin.

Mais il importe d'insister sur cet effet calmant du courant constant, effet thérapeutique fort intéressant, d'autant plus qu'il est produit par des courants très-faibles et n'impressionnant nullement la peau. Je dois même ajouter que, d'après mes expériences, le courant constant, pour qu'il soit calmant, doit être faible et nullement douloureux, car la douleur engendre des mouvements involontaires qui peuvent troubler la constance de son action.

L'effet calmant du courant constant diffère de celui produit par les autres calmants. L'opium, la morphine, la belladone, l'atropine calment, et leur administration est facile, en sorte qu'il vaut mieux avoir recours à eux qu'à l'emploi de l'électricité. Mais quand ces médicaments toxiques ne soulagent pas avec promptitude, et quand l'usage qu'on en veut faire doit être prolongé, ils affaiblissent considérablement le système nerveux, et dans ce cas il vaut mieux recourir à l'emploi de l'électricité, qui habilement appliquée calme et ranime.

L'effet calmant du courant constant se produit dans des circonstances très-différentes. Une des plus fréquentes, et où l'expérience réussit avec une grande netteté, est celle où il s'agit d'abolir la sensibilité exagérée d'une partie douloureuse par suite d'inflammation. Si, dans ce cas, nous appliquons l'électrode positive (ayant une étendue convenable) sur la partie douloureuse, et l'électrode négative sur un point bien éloigné de cette partie, électrodes d'une pile à 15 à 25 éléments, selon la résistance de la peau, et si nous maintenons les deux électrodes fortement, en sorte que l'aiguille du galvanoscope ne change pas de position et ne dépasse pas 20 degrés, nous constaterons qu'après une application de 5 à 10 minutes, la sensibilité de la partie douloureuse a considérablement diminué. Le moyen curatif le plus sûr et le plus commode, même dans des cas d'inflammation grave, où le moindre toucher des parties enflammées cause déjà une grande souffrance, c'est de mettre l'électrode positive sur un point du tronc nerveux dont les rameaux se rendent à ces parties douloureuses, mais sur un point très-éloigné de ces parties, et l'autre sur un point quelconque. Par exemple, si dans une inflammation très-douloureuse de l'articulation de la main ou du coude, nous plaçons le pôle positif sur le plexus brachial et l'autre sur l'omoplate par exemple, nous verrons après quelques instants que la sensibilité exagérée a beaucoup diminué. Je recommande cette méthode, parce qu'elle est d'un emploi presque toujours heureux (1).

L'action antinévralgique du courant constant la plus curieuse est celle qui résulte de l'application directe du courant constant sur certains points des centres nerveux, sans relation apparente de ces points avec la partie des membres frappés de névralgie.

Pour donner une idée de cet effet, je citerai l'exemple d'une dame de trente-deux ans, mariée depuis dix ans à un médecin et restée stérile. Après avoir souffert pendant quelques années d'une métrite chronique qui fut traitée par cautérisation locale, laquelle laissa un endurcissement de l'utérus assez notable, elle fut saisie peu à peu d'accès névralgiques dans les deux jambes, localisés chacun sur de petites surfaces rondes de quelques centimètres de diamètre. Au plus léger toucher de ses habits, cette dame ressentait une douleur insupportable qui l'empêchait de marcher, en sorte que pendant le maximum d'intensité des accès, elle était quasi paralysée. Ces accès duraient quelquefois quarante-huit heures. La malade se plaignait elle-même d'un malaise dans le dos qui l'obligeait à se tenir un peu courbée. En examinant de près le dos, je pus reconnaître que pendant les accès les plus violents de la névralgie, il existait entre la quatrième vertèbre dorsale et la troisième vertèbre lombaire un point particulier situé quelquefois sur la colonne vertébrale, et plus souvent sur le trajet d'un nerf intercostal. En mettant le pôle positif sur le point de la colonne vertébrale correspondant à l'origine de ce nerf intercostal, j'eus la satisfaction d'observer *toujours* la cessation subite de l'accès névralgique. Le traitement de la maladie dura trois à quatre mois, pendant lesquels je fis l'expérience 25 à 30 fois. On observe souvent le même effet sur des hommes, qui à la suite d'une paralepsie cervicale (*tabes cervicalis*) souffrent de névralgies excentriques dans les membres, qui souvent sont confondues avec des douleurs rhumatismales (2).

(1) Je l'ai appliquée devant MM. Cl. Bernard, Velpeau et Beau sur un homme qui depuis dix jours était tombé sur son genou gauche, chute suivie d'une augmentation excessive de la sensibilité au bord interne de la rotule. Cette augmentation, vainement combattue par les moyens ordinaires, empêchait le malade de marcher sans plier les genoux. Je lui plaçai l'électrode positive sur le nerf crural à sa sortie au-dessous du ligament de Poupart, et l'autre électrode sur le muscle extenseur de la jambe, un peu affaibli et amaigri par la marche anormale mentionnée. Après quelques minutes, nous constatâmes que l'articulation était devenue beaucoup moins douloureuse, et par conséquent que l'extension de la jambe et la marche étaient beaucoup plus faciles. En répétant trois fois ce traitement, on a guéri complétement le malade.

(2) A ce propos, je dois dire, pour les médecins qui voudraient répéter mes expériences, que l'effet curatif dépend de la surface des éléments de la pile, c'est-à-dire qu'il faut rejeter absolument les piles composées de petits éléments.

Digitized by Google

Il faut ajouter que l'effet du courant constant n'est radicalement curatif que s'il atteint les maladies à leur source, par exemple, s'il atteint et supprime le gonflement de la gaîne nerveuse dans le rhumatisme articulaire, ou dans une lésion traumatique suivie de névralgie. S'il n'atteint pas cette source, s'il n'enlève pas la cause effective de la maladie, l'effet produit ne sera que passager. Aussi, quand une tumeur comprime un nerf et engendre une névralgie, il est évident que le courant ne pourra pas guérir la névralgie, s'il est impuissant à réduire la tumeur.

Remak.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

## CHIMIE MINÉRALE.

COURS DE M. RICHE.
(de l'École polytechnique.)

### I.

**Généralités. — Nomenclature.**

Avant de définir et d'expliquer le but et l'objet de la chimie, il sera peut-être bon d'éclaircir et de préciser par quelques exemples certaines idées, certains termes, sur lesquels il est nécessaire d'être parfaitement fixés et dont la connaissance exacte facilitera l'intelligence de l'étude que nous allons entreprendre.

Si nous prenons une barre métallique, une barre de fer par exemple, et que nous la mesurions à froid, nous trouverons certaines dimensions qui restent les mêmes tant que la température de la barre ne change pas; mais si nous venons à la chauffer, il sera facile de constater que les diverses dimensions de cette barre et par suite son volume ont augmenté. Nous sommes là en face d'un phénomène particulier: c'est la dilatation. Ramenons enfin notre barre à la température initiale et mesurons-la de nouveau, nous allons retrouver sa longueur et son volume tels qu'ils étaient au commencement de l'expérience, l'aspect, le poids, sont restés également invariables; en un mot, la barre n'a subi aucune altération. Voilà un phénomène essentiellement passager, naissant et disparaissant avec la cause qui le produit, sans laisser aucune trace après lui. C'est un *phénomène physique*.

Abandonnons maintenant la même barre à l'air humide; nous la verrons après un certain temps se ternir et se transformer peu à peu en une matière jaune-rouge appelée vulgairement *rouille*.

Ici nous avons affaire à un phénomène tout différent du précédent.

1° Il est permanent, car nous aurons beau remettre la barre dans l'air sec, la rouille ne se détruira pas.

2° Cette rouille ne ressemble ni au fer ni à l'air en présence duquel on l'avait placé.

Que s'est-il donc passé? Le fer s'est emparé d'une certaine quantité de l'un des éléments de l'air, l'oxygène, et s'est uni intimement avec lui pour former cette rouille.

Enfin le poids a changé, la barre rouillée pèse plus qu'auparavant. Il n'y a cependant pas eu création de matière, car si l'on ajoute le poids du fer à celui de l'oxygène absorbé, on aura exactement le poids final de la barre.

Voilà un *phénomène chimique*.

On dit que la rouille est une combinaison chimique, et ce qui caractérise la combinaison, c'est que la matière produite par l'union de deux ou plusieurs corps ne ressemble à aucun des composants.

Au lieu de laisser cette rouille se former d'elle-même sous la double influence de l'air et de l'eau, on peut la produire directement en faisant brûler du fer dans l'oxygène. Le chimiste opère alors par synthèse, c'est-à-dire qu'il forme un corps composé de toutes pièces en mettant en présence, dans des conditions convenables, les éléments qui entrent dans sa constitution.

La synthèse est l'une des méthodes expérimentales les plus précieuses pour le chimiste; mais elle n'est pas la seule; à côté d'elle vient se placer ce que l'on pourrait appeler sa réciproque, c'est-à-dire l'analyse.

Prenons, par exemple, cette rouille dont nous venons de parler, ou mieux encore la rouille d'argent, et chauffons-la. Si nous observons bien nous pourrons constater la formation d'un gaz qui se dégage et voir en même temps qu'il reste un corps métallique. Ces deux corps ne ressemblent ni l'un ni l'autre à la rouille dont nous nous étions servis, et tous deux sont stables. Ce phénomène, quoique très-différent du précédent, est donc aussi un phénomène chimique.

Que s'est-il passé? L'argent et l'oxygène qui formaient cette rouille, se sont séparés, l'oxygène s'est dégagé, et l'argent a formé le résidu. Il est facile de comprendre d'après cela que ce résidu doit peser moins que la rouille qui l'a produit; mais il n'y a pas perte de matière, car le poids de l'oxygène qui s'est dégagé, ajouté au poids de l'argent qui reste, formerait exactement le poids de la rouille mise en expérience.

On dit dans ce cas qu'il s'est produit une décomposition chimique, c'est-à-dire que l'on a séparé d'un même corps deux ou plusieurs éléments dissemblables entre eux et différents du corps d'où on les a retirés. Le chimiste opère alors par analyse.

Lorsque l'on continue à appliquer les méthodes analytiques aux divers éléments que l'on a pu séparer d'un premier corps, il arrive un moment où l'analyse devient impuissante, où toutes les ressources que nous fournit la science ne peuvent parvenir à retirer de ces substances autre chose que de la matière toujours semblable à elle-même et à celle d'où on la retire. Ces derniers éléments, dans lesquels on peut décomposer les corps, portent le nom de *corps simples* : tels sont l'argent et l'oxygène. On en connaît jusqu'à présent soixante-quatre; mais rien ne dit que l'on en restera là, on peut en découvrir de nouveaux, et peut-être un jour arrivera-t-on à décomposer quelques-uns de ceux que l'état actuel de la science nous fait considérer comme simples.

Les corps simples se divisent en deux grandes classes : les métalloïdes et les métaux.

Les *métaux* jouissent d'un éclat particulier, l'*état métallique*; ils sont bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité.

Les *métalloïdes* sont en général ternes et mauvais conducteurs de l'électricité et de la chaleur. Mais à vrai dire il n'y a pas de démarcation bien franche entre ces deux classes de corps, et certains corps simples, l'antimoine par exemple, peuvent se placer indifféremment avec les uns ou avec les autres.

*Objet de la chimie.* — La chimie a pour objet l'étude des corps simples, de leurs composés, et surtout l'étude des phénomènes

Digitized by Google

chimiques, c'est-à-dire des combinaisons et des décompositions.

En étudiant les corps nous décrirons d'abord leurs propriétés physiques, puis nous nous appesantirons sur leurs propriétés chimiques. Parmi les propriétés physiques, le point de fusion, le point d'ébullition et la forme cristalline sont les plus importantes.

Quant au but de la chimie, c'est d'arriver à déterminer la composition et la constitution des corps.

*Forces chimiques.* — Il n'est pas d'effet sans cause, pas de phénomène qui n'ait sa raison d'être ; ces causes principales ou accessoires des phénomènes que nous devons étudier ici sont les *forces chimiques*.

La cause des phénomènes chimiques est peu connue, on la nomme *affinité* : c'est la force qui produit les combinaisons. C'est une force moléculaire, c'est-à-dire qu'elle n'agit pas à distance, mais au contact et pour ainsi dire de molécule à molécule.

Deux autres forces moléculaires ont encore pour nous une grande importance, ce sont la *cohésion* et la *dissolution*.

La cohésion est la force qui tient réunies les molécules d'un même corps. Cette force, très-sensible dans les solides, est presque nulle dans les liquides et n'existe pas dans les gaz. La cohésion des solides est excessivement variable ; chacun sait en effet combien sont différents les efforts nécessaires pour réduire un corps en poudre.

La force antagoniste de la cohésion c'est la chaleur. On sait en effet que la plupart des corps solides suffisamment chauffés peuvent prendre l'état liquide et même l'état gazeux ; il est probable que ce fait deviendrait général si l'on pouvait disposer d'une source de chaleur suffisante. Quelques corps échapperaient cependant à cette loi, ce sont ceux qui se décomposent lorsqu'on les porte à une température trop élevée, ce qui arrive pour la rouille d'argent, pour la craie, pour la cire qui devient bien liquide, mais qui se décompose si l'on continue à chauffer, etc. Inversement, en retirant de la chaleur, on augmente la cohésion ; c'est ainsi que certains gaz convenablement refroidis peuvent se liquéfier et même se solidifier.

La troisième force dont nous ayons à nous occuper est la *dissolution*. La dissolution est la force qui fait passer certains corps à l'état liquide quand on les met en contact avec un liquide convenable. Si nous mettons, par exemple, du sucre dans de l'eau, il disparaîtra, sans que pour cela il y ait combinaison ni décomposition ; en chaque point de l'eau il y aura une égale quantité de sucre, et nous pourrons l'en retirer complétement par simple évaporation du liquide. Cette dissolution n'est pas accompagnée de chaleur ; il y a au contraire constamment abaissement de température : c'est là le caractère essentiellement distinctif de la dissolution. Ajoutons que les combinaisons ont surtout lieu entre des corps dissemblables, tandis que les dissolutions se font le plus souvent entre corps plus ou moins analogues. Ainsi le mercure dissout les métaux ; la benzine, les corps gras ; le sulfure de carbone, le soufre, etc.

Un corps solide se dissout, en général, d'autant mieux que la température est plus élevée ; le contraire a lieu pour les gaz. Pour ces derniers corps la solubilité est soumise à deux lois.

*Première loi.* — La solubilité des gaz croît d'une manière directement proportionnelle avec la pression.

*Deuxième loi.* — Quand plusieurs gaz sont réunis, chacun d'eux se dissout comme s'il était seul, en tenant compte de la pression qu'il exerce dans le mélange gazeux.

La dissolution est évidemment une force moléculaire, car il faut qu'il y ait contact pour qu'elle ait lieu.

*Cristallisation.* — Si l'on abandonne à un refroidissement lent un corps solide préalablement fondu ou gazéifié, il se solidifiera en prenant une forme géométrique régulière. Cette propriété de la matière se nomme *cristallisation*. Trois moyens peuvent être employés pour obtenir des cristaux :

1° La fusion, qui s'applique au soufre, au bismuth, etc. ;

2° La volatilisation, comme pour l'iode, l'arsenic, etc. ;

3° La dissolution, qui s'applique à tous les sels en choisissant un véhicule convenable. Ce dernier procédé est très-employé pour purifier les corps. Une série de cristallisations convenablement dirigées suffit en effet dans bien des cas pour séparer complétement un corps déterminé des matières étrangères qui peuvent l'accompagner.

*Un même corps placé dans les mêmes conditions cristallise toujours de la même manière.* Ce fait est de la plus grande importance, puisqu'il nous permettra souvent de reconnaître une substance rien qu'à sa forme cristalline. Il faut cependant ajouter que lorsque les circonstances changent, la forme cristalline peut changer aussi, et que par suite un même corps peut affecter un grand nombre de formes différentes. Heureusement les cristaux sont soumis à une loi dite *loi de symétrie*, qui limite le nombre de ces formes et surtout les relie entre elles d'une manière simple.

Voici cette loi : *Lorsqu'un cristal se modifie en l'un de ses points, la même modification se reproduit sur toutes les parties identiques de ce cristal.*

Cette loi permet de déduire d'un cristal donné un grand nombre de formes, mais non pas toutes les formes géométriques possibles. Lorsque deux cristaux ne peuvent se ramener à une même forme en suivant la loi de symétrie, on dit qu'ils ont des formes incompatibles, et l'expérience a prouvé que tous les cristaux que nous offre la nature peuvent se classer en six groupes ou systèmes incompatibles entre eux.

Avant de décrire ces systèmes nous définirons ce que l'on entend par centres et axes d'un cristal.

On appelle *centre* d'un cristal, un point situé dans son intérieur et tel que toutes les droites qui passent par ce point et se terminent aux faces du cristal soient partagées par lui en deux parties égales.

On nomme *axes* des lignes imaginaires, passant par le centre du cristal et se terminant à des parties semblables de cristal ; de plus, elles doivent être telles que les faces soient symétriquement disposées par rapport à ces lignes.

Les six systèmes cristallins sont :

1° Le *système cubique* ou *régulier*, caractérisé par trois axes égaux et perpendiculaires les uns aux autres. Exemple : le diamant, le grenat, l'alun, etc. On prend comme type de ce système, soit le cube, soit l'octaèdre régulier.

2° Le *système tétragonal*, caractérisé par trois axes perpendiculaires, mais dont deux seulement sont égaux. Il a pour type le prisme droit à base carrée. Exemple : le calomel, la cassitérite ou bioxyde d'étain, etc.

3° Le *système rhomboédrique*, caractérisé par quatre axes, dont trois situés dans un même plan, et le quatrième perpendiculaire au plan des trois autres. Il a pour types le dodé-

Digitized by Google

caèdre hexagonal et le rhomboèdre. Exemple : le quartz, le spath d'Islande, le corindon, le peroxyde de fer, etc.

4° Le *système rhombique*, caractérisé par trois axes perpendiculaires et inégaux. Il a pour type le prisme droit à base rectangle ou à base rhombe. Exemple : l'aragonite, le soufre natif, le sulfate de magnésie, le sulfate de zinc, le sulfate de baryte, le sulfate de strontiane, le permanganate de potasse, etc.

5° Le *système monoclinoédrique* ou *clinorhombique*, caractérisé par trois axes inégaux, dont deux perpendiculaires entre eux, et le troisième oblique. Il a pour type le prisme oblique à base rectangle, rhombe ou carrée. Exemple : le soufre fondu, l'oxalate de potasse, l'arséniate et le phosphate neutre de soude, l'acide tartrique, le sulfate de chaux, etc.

6° Le *système triclinoédrique*, caractérisé par trois axes obliques les uns sur les autres; ces trois axes sont inégaux. Il a pour type le prisme oblique à base parallélogramme. Exemple : le sulfate de cuivre, le quadroxalate de potasse, l'acide paratartrique, etc.

On a cru pendant longtemps qu'un même corps devait toujours cristalliser dans le même système cristallin; l'expérience a démontré que le contraire pouvait avoir lieu pour certains corps, tels que le carbonate de chaux, le soufre, etc. Quand un corps peut cristalliser dans deux ou plusieurs systèmes, on dit qu'il est *dimorphe* ou *polymorphe*, et ce phénomène constitue le *dimorphisme* et le *polymorphisme*.

On dit que deux corps sont *isomorphes* lorsqu'ils possèdent les mêmes formes cristallines et qu'ils peuvent se remplacer dans un même cristal sans en changer la forme. On a remarqué que les corps isomorphes ont des constitutions et des compositions très-analogues.

Nous avons déjà donné la définition de l'affinité; mais le rôle si important que joue cette force dans la nature nous engage à en faire une étude plus complète. Chaque fois que l'affinité entre en jeu et produit une combinaison, il y a dégagement de chaleur, et même de lumière, si la combinaison est énergique.

Quand l'affinité s'exerce, on observe aussi un dégagement d'électricité, et on sait le parti qu'en ont tiré les physiciens dans la production de l'électricité par les piles.

L'affinité s'exerce avec d'autant plus d'énergie que les corps en présence sont plus dissemblables; ainsi les métalloïdes et les métaux se combinent avec un vif dégagement de chaleur et souvent de lumière. Les combinaisons diffèrent d'autant plus de leurs corps générateurs, que ceux-ci sont plus dissemblables entre eux; ainsi le potassium et l'oxygène, qui sont très-différents l'un de l'autre, donnent naissance à la potasse, qui ne ressemble ni à l'un ni à l'autre des composants.

Plus deux corps ont d'affinité l'un pour l'autre, et moins ils forment de composés en s'unissant entre eux.

L'action de l'affinité de deux corps l'un pour l'autre peut être modifiée par un grand nombre de causes; le chimiste les met souvent à profit. Nous allons indiquer celles dont nous aurons le plus souvent à constater l'effet.

L'état des corps est une des causes qui exercent le plus d'influence sur l'affinité. Plus la cohésion est grande, et plus l'affinité a de difficultés à s'exercer. Aussi est-il rare que des corps solides puissent réagir l'un sur l'autre. L'état gazeux et surtout l'état liquide sont infiniment plus favorables. C'est ce qui faisait dire aux anciens chimistes : *Corpora non agunt nisi soluta.*

La dissolution étant un moyen fort simple et presque toujours commode de faire passer les corps à l'état liquide, on comprend facilement que nous l'emploierons souvent pour faciliter les réactions.

La chaleur agit sur l'affinité de deux manières : 1° en tendant à détruire la cohésion ou tout au moins à la diminuer; 2° en intervenant par elle-même : elle peut alors tantôt favoriser et tantôt détruire les combinaisons.

L'action de l'électricité est assez analogue à celle de la chaleur, en ce sens que, comme celle-ci, elle peut tantôt favoriser une combinaison et tantôt la détruire. Il est bon de distinguer à ce point de vue l'étincelle électrique et les courants ceux-ci sont des agents désorganisateurs par excellence, et tendent toujours à produire une décomposition chimique.

La lumière agit comme la chaleur et l'électricité, mais avec une intensité beaucoup moindre; de plus, toutes les parties de la lumière blanche ne possèdent pas l'activité chimique; cette activité n'appartient qu'à certains rayons du spectre solaire, rayons auxquels on donne, à cause de cela, le nom de *rayons chimiques*.

Il existe quelques corps qui, par leur seule présence, déterminent des combinaisons ou des décompositions; la force qui intervient ici d'une manière si mystérieuse est complétement inconnue. Berzelius lui a donné le nom de *force catalytique*. C'est ainsi que du noir de platine projeté dans de l'eau oxygénée la décompose immédiatement en eau et en oxygène, sans que le platine soit le moins du monde altéré. Une éponge de platine introduite dans un mélange d'oxygène et d'hydrogène provoque de même leur combinaison. Dans ce dernier cas, l'action du platine peut s'expliquer, car on sait que les corps poreux ont la propriété de condenser les gaz; cette condensation produit de la chaleur, et celle-ci, agissant par elle-même, amène à son tour la combinaison. On voit en effet que l'explosion n'a lieu que lorsque l'éponge de platine arrive au rouge. Enfin, l'*état naissant* agit aussi sur l'affinité. On a remarqué qu'au moment même où un corps sort d'une combinaison, il possède des affinités beaucoup plus énergiques que lorsqu'on l'emploie après sa préparation. Ainsi, mettons de l'azote et de l'hydrogène en présence, il ne se formera rien; que ces deux gaz se rencontrent au contraire en sortant d'une combinaison, et ils s'uniront pour produire de l'ammoniaque.

Occupons-nous maintenant des lois qui régissent les affinités chimiques. Lavoisier, que l'on peut regarder à juste titre comme le créateur de la chimie moderne, s'attacha à déterminer les poids des corps réagissants et ceux des matières produites. Il arriva à démontrer que lorsqu'une réaction chimique a lieu *rien ne se perd ni ne se crée*, et que le poids d'un composé est toujours égal à la somme des poids de ses composants.

### LOI DES PROPORTIONS DÉFINIES.

Cette loi a été établie par Proust. On croyait autrefois que deux corps mis en contact s'unissaient en toute proportion. C'était là une grave erreur. *Quand deux corps se combinent, c'est toujours suivant certaines proportions invariables.*

### LOI DES PROPORTIONS MULTIPLES.

Cette loi, découverte en 1808 par le physicien Dalton, peut être ainsi formulée : *Lorsque deux corps se combinent en plusieurs proportions, les poids de l'un de ces corps, qui s'unissent à un même poids de l'autre, sont entre eux comme des nombres*

Digitized by Google

*simples*. Ainsi l'azote et l'oxygène forment cinq combinaisons ; prenons 14 d'azote pour quantité constante, on trouve que :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 14 d'azote s'unissent à | | 8 | d'oxygène dans | le protoxyde ; |
| 14 | — | 2 × 8 | — | le bioxyde ; |
| 14 | — | 3 × 8 | — | l'acide azoteux ; |
| 14 | — | 4 × 8 | — | l'acide hypoazotique ; |
| 14 | — | 5 × 8 | — | l'acide azotique. |

C'est-à-dire que pour une même quantité d'azote, les poids d'oxygène sont entre eux comme 1, 2, 3, 4, 5, et par conséquent dans des rapports simples ; et ces rapports ne sont pas approximatifs, mais *rigoureusement vrais*.

NOMENCLATURE CHIMIQUE.

Autrefois, les divers corps recevaient des noms complétement arbitraires, n'ayant aucun rapport avec leur composition ; de plus, ce nom variait souvent d'un pays à l'autre, et changeait même quelquefois suivant l'industrie qui l'employait. Frappé des nombreux inconvénients que présentait cette méthode, Guyton de Morveau demanda à l'Académie d'établir une nomenclature universelle. On nomma une commission en 1787 : Lavoisier en fut le rapporteur ; et c'est de ce travail qu'est sortie la nomenclature actuelle.

*Nomenclature des corps simples*. — Le nom des corps simples n'est astreint à aucune règle. Lavoisier eût voulu qu'il rappelât l'une de leurs propriétés les plus saillantes ; mais on reconnut bientôt que cela présentait un inconvénient réel, car il pouvait arriver que l'on découvrît plus tard d'autres corps possédant la même propriété.

*Nomenclature des corps composés*. — Au moment où l'on fit la nomenclature, on venait de découvrir l'oxygène ; l'importance de ses propriétés le faisait regarder alors comme un être tout à fait à part ; aussi a-t-on fait pour ses composés une nomenclature spéciale.

*Composés binaires oxygénés. Acides*. — Certains corps en se combinant avec l'oxygène donnent des composés dont la saveur rappelle celle du vinaigre. On leur a donné le nom d'acides, du latin *acetum*. Les acides se reconnaissent à leur saveur et à ce qu'ils rougissent la teinture bleue de tournesol et le sirop de violette.

On désigne un acide en faisant suivre le mot *acide* du nom du corps qui l'a fourni, terminé par la désinence *ique*. Ainsi le bore forme avec l'oxygène l'*acide borique*.

Lorsqu'un corps forme avec l'oxygène deux acides, le plus oxygéné garde la désinence *ique*, et le moins oxygéné prend la désinence *eux*. Ainsi l'arsenic, qui forme deux acides, formera l'*acide arsénique* et l'*acide arsénieux*.

On croyait, au moment où la nomenclature a été établie, qu'un même corps ne pouvait pas donner naissance à plus de deux acides ; mais on reconnut plus tard que certains corps pouvaient en donner un plus grand nombre. Au moyen des particules *per* (au-dessus), *hypo* (au-dessous), *ique* et *eux*, on arrive à nommer jusqu'à cinq acides, ainsi que nous l'indiquons pour la série des acides formés par le chlore et l'oxygène :

Acide *per*chlorique (le plus oxygéné).
— chlorique.
— *hypo*chlorique (moins oxygéné que le précédent).
— chloreux.
— *hypo*chloreux (moins oxygéné que le précédent).

Ces dernières conventions ne suffisent même pas toujours. Ainsi, il existe une série d'acides oxygénés formés par le soufre, auxquels on a été obligé de donner des noms en dehors de la nomenclature ; ils forment ce que l'on appelle la série *thionique*.

*Bases. Oxydes neutres*. — Les composés binaires oxygénés qui ne rougissent pas la teinture bleue de tournesol portent le nom d'*oxydes*.

Ces oxydes sont de deux sortes : les uns ramènent au bleu la teinture de tournesol rougie par un acide, verdissent le sirop de violettes, et surtout se combinent avec les acides : ce sont les *bases*. Les autres ne jouissent ni des propriétés acides ni des propriétés basiques : ce sont les *oxydes neutres* ou *indifférents*.

On nomme les uns et les autres en faisant suivre le mot *oxyde* de la particule *de*, puis du nom du corps uni à l'oxygène. Exemple :

Oxyde de fer.
— de magnésium.
— de cuivre, etc.

Quand un corps peut former plusieurs oxydes, comme les quantités d'oxygène qui s'unissent à une même quantité de ce corps sont entre elles dans ces composés comme les nombres simples 1, 3/2, 2, 3, on les nomme en faisant précéder le mot *oxyde* des préfixes *proto*, *sesqui* (3/2), *bi*, *tri*. Exemple :

*Proto*xyde de manganèse (le moins oxygéné).
*Sesqui*oxyde de manganèse.
*Bi*oxyde de manganèse.

L'oxyde le plus oxygéné prend souvent le nom de *peroxyde*.

*Composés ternaires oxygénés. Sels*. — Les oxydes basiques s'unissent aux acides et forment des composés auxquels on a donné le nom de *sels*. Si l'on mêle en proportions convenables un acide et une base, on peut obtenir un sel dans lequel les propriétés acides et basiques ont complétement disparu. Ce corps n'agit plus ni sur la teinture rouge ni sur la teinture bleue de tournesol : c'est un *sel neutre*.

Pour nommer un sel neutre, on remplace la terminaison *ique* de l'acide par la terminaison *ate*, et la terminaison *eux* par la terminaison *ite*, et l'on fait suivre ce mot de la particule *de*, puis du nom de l'oxyde. Exemple : l'acide arsénique et l'oxyde d'argent donneront l'*arséniate d'oxyde d'argent* ; l'acide arsénieux et l'oxyde de cuivre, l'*arsénite d'oxyde de cuivre*. On supprime souvent, par abréviation, le mot *oxyde*, qui reste sous-entendu. Ainsi l'on dit : sulfate de zinc pour sulfate d'oxyde de zinc, etc. Quand un corps produit plusieurs oxydes basiques, il est nécessaire de garder le nom de l'oxyde, afin d'éviter toute confusion.

Il arrive souvent que les acides et les bases peuvent s'unir en plusieurs proportions. Quand la quantité d'acide l'emporte sur celle du sel neutre, on dit que l'on a un *sel acide* ; on le nomme *sel basique* dans le cas contraire.

Les sels acides se nomment en mettant les préfixes *bi*, *sesqui*, *tri*, etc., devant le nom du sel. Exemple :

Carbonate neutre d'ammoniaque.
Bicarbonate d'ammoniaque (2 fois plus d'acide que dans le premier).
Sesquicarbonate d'ammoniaque (1 fois et 1/2 plus d'acide que dans le premier).

Pour les sels basiques, on met les mêmes particules devant l'adjectif *basique*. Exemple :

Acétate neutre de plomb.
— sesquibasique de plomb.
— tribasique de plomb.

Digitized by Google

Dans les sels, le genre est donné par l'acide, l'espèce par la base. Si l'on décompose un sel par la pile, la base se sépare de l'acide ; et, d'après les pôles où ils se rendent, on voit que la base est l'élément électro-positif, et l'acide l'élément électro-négatif. C'est celui-ci que l'on nomme le premier.

*Composés d'un métalloïde avec un corps simple autre que l'oxygène et l'hydrogène. Composés binaires.* — En soumettant un de ces composés à l'action du courant électrique, les deux éléments se séparent; l'un est donc électro-positif et l'autre électro-négatif. Pour continuer ce que nous avons fait pour les sels, nous désignerons toujours en premier lieu l'élément électro-négatif. Pour former le nom de ces composés, on termine le nom du premier corps par la désinence *ure*, et l'on fait suivre ce mot de la particule *de* et du nom du second corps. Exemple :

Chlorure de fer.
Sulfure de carbone.

En cas de combinaisons multiples entre deux corps, ce que nous avons dit pour les oxydes s'appliquera à ces composés. Exemple :

Protochlorure de fer.
Sesquichlorure de fer.

*Composés ternaires.* — Le soufre, le tellure, le sélénium, le chlore, le brome et l'iode fournissent des composés binaires, qui participent soit des acides, soit des bases, et qui tendent à s'unir pour former des composés analogues aux sels. On donne à ces corps les noms de sulfacides, chloracides, sulfobases, chlorobases, sulfosels, chlorosels, par analogie avec les composés oxygénés correspondants. Les noms des chlorosels, des sulfosels, etc., se forment aussi d'une manière analogue à ceux des oxysels. Ainsi, le sulfure de carbone et le sulfure de potassium donnent naissance au *sulfocarbonate de sulfure de potassium.*

*Composés hydrogénés. Composés binaires.* — Ces composés sont acides pour la plupart; quelques-uns sont neutres, un seul est basique.

Les composés acides prennent le nom d'*hydracides.* On forme le nom des hydracides en faisant suivre le mot *acide* du nom du corps uni à l'hydrogène, terminé par la désinence *hydrique.* Exemple :

Acide chlorhydrique.
— bromhydrique.

Si le composé est neutre, on lui applique la règle des composés binaires non oxygénés. Exemple :

Protocarbure d'hydrogène.
Bicarbure d'hydrogène.

*Composés ternaires.* — On leur applique la règle des composés ternaires oxygénés. Exemple :

Chlorhydrate d'ammoniaque, composé formé d'acide chlorhydrique et d'ammoniaque.

Lorsque l'eau entre en combinaison avec une base, un acide, un sel ou même un corps simple, on désigne ce composé en disant *hydrate de*, suivi du nom du corps avec lequel l'eau se trouve unie. Exemple :

Hydrate de baryte.
— d'acide azotique.
— de chlore.

On emploie aussi souvent les expressions de :

Baryte hydratée.
Carbonate de potasse hydratée, etc.

*Composés formés par les métaux entre eux.* — Ces composés se nomment des alliages. Quand le mercure entre dans un alliage, le composé prend le nom d'amalgame. Exemple :

Alliage de potassium et de zinc.
— de cuivre, de zinc et d'étain.
Amalgame d'étain (alliage de mercure et d'étain).

NOMENCLATURE SYMBOLIQUE.

Cette nomenclature est due à Berzelius.

*Corps simples.* — On représente les corps simples par une lettre majuscule, qui est en général la première de leur nom, ou par cette lettre suivie d'une minuscule dans le cas où plusieurs noms commencent par la même lettre. Ainsi le carbone, le cadmium, le calcium, le chlore, le cuivre et le cæsium se représentent par C, Cd, Ca, Cl, Cu, Cs.

*Corps composés.* — On écrit l'un à côté de l'autre les symboles des corps composants, et à la droite de ces symboles on indique par de petits chiffres placés comme des *exposants*, les proportions de chaque corps. Pour les sels, on sépare l'acide de la base par une virgule. Exemple :

FeO, protoxyde de fer ; $Fe^2O^3$, sesquioxyde de fer.
$SO^3$, acide sulfurique ; $FeO,SO^3$, sulfate de protoxyde de fer.

Nous verrons bientôt que non-seulement ces symboles représentent les noms des corps, mais encore des poids déterminés de ces mêmes corps ; de telle sorte que la formule d'un composé étant connue, on sait non-seulement quels sont ses éléments constituants, mais encore dans quelle proportion ces corps se trouvent unis.

Pignan, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*Vient de paraître :*

Des névroses, par M. le docteur Axenfeld (extrait de la *Pathologie médicale* du professeur Requin). 1 vol. in-8. 7 fr.

*Volumes publiés de la Bibliothèque de philosophie contemporaine.*

In-18 à 2 fr. 50.

H. TAINE..... Le Positivisme anglais, étude sur Stuart Mill.
H. TAINE..... L'Idéalisme anglais, étude sur Carlyle.
PAUL JANET.... Le Matérialisme contemporain. Examen du système du docteur Büchner.
ODYSSE-BAROT. Philosophie de l'histoire.
ALAUX..... La Philosophie de M. Cousin.
AD. FRANCK.... Philosophie du droit pénal.
AD. FRANCK.... Philosophie du droit ecclésiastique : Des rapports de la religion et de l'Etat.
ÉMILE SAISSET. L'Ame et la vie, suivi d'une étude sur l'Esthétique française.
AUG. LAUGEL... Les Problèmes de la nature.
CH. LÉVÊQUE.... Le Spiritualisme dans l'art.
CHALLEMEL-LACOUR. La Philosophie individualiste, étude sur Guillaume de Humboldt.
ALB. LEMOINE.. Le Vitalisme et l'animisme de Stahl.
CH. DE RÉMUSAT. Philosophie religieuse : De la théodicée naturelle en France et en Angleterre.
MILSAND ..... L'Esthétique anglaise, étude sur M. John Ruskin.
A. VÉRA ..... Essais de philosophie hégélienne.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 4. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 24 DÉCEMBRE 1864.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

SOMMAIRE.

**Académie des sciences. — Conférences de la rue de la Paix : M. Barral** (Passé et avenir des sciences). — Histoire de la médecine : Ouverture du cours de M. DAREMBERG (Collége de France).

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot :** Leçon d'ouverture. Coup d'œil sur l'histoire des alcools.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Physique.** — Conférence de **M. Boutan :** Conversion des liquides en vapeur.

UNIVERSITÉ DE NAPLES. — **Météorologie.** — Cours de **M. Palmieri :** Électricité atmosphérique.

FACULTÉ DE MÉDECINE. — **Histologie.** — Cours de **M. Robin :** III. Lois de la texture et de la vascularité.

BULLETIN DES COURS. — PATHOLOGIE GÉNÉRALE : M. AXENFELD (Faculté de médecine).

Paris, 23 décembre 1864.

La dernière séance publique de l'Académie des sciences a été très-courte, et nous ne citerons que la communication de M. Faye sur les taches et les facules du soleil, et la présentation par M. Fremy des travaux de M. Gall, préparateur de chimie à l'École polytechnique qui est parvenu à produire le dédoublement des éthers sous l'influence de l'acide bromhydrique comme elle s'opère sous celle des alcalis.

Aux conférences de la rue de la Paix, M. Barral a parlé la semaine dernière *du passé et de l'avenir des sciences*, et plus particulièrement de l'*agriculture*. « Je causais dernièrement avec un membre de l'Institut, disait M. Barral en commençant, de l'huile de pétrole, de la navigation aérienne et de quelques autres découvertes récentes. « Vous croyez à tout, me répondit-il, même à l'homme volant, tandis que d'autres ne croient qu'à l'homme voleur. » Une autre fois, un homme du passé me disait que si Dieu n'avait pu arrêter le soleil, puisque le soleil ne tourne pas, au moins avait-il pu arrêter la terre sous les pas de Josué, ce qui revenait tout à fait au même. Je lui objectais qu'une pareille perturbation dans les lois de la nature n'aurait pu passer inaperçue à cette époque, où l'astronomie était déjà fort cultivée. « Vous ne croyez à rien », me répondit-il. Me voilà donc placé entre deux opinions extrêmes, exposé aux coups des deux partis. Je ne crois pas à tout, mais je crois à quelque chose; je crois au progrès, et je pense que le progrès réside surtout dans le développement des sciences, particulièrement de l'agriculture, qui fournit, en définitive, presque toutes les matières premières de l'industrie, et à qui nous sommes redevables de la plupart des bienfaits de la civilisation moderne. »

Dans toutes les branches de la science le progrès est évident. Quelle différence entre les connaissances d'Archimède, qui émerveillaient l'antiquité, et les travaux si perfectionnés des mathématiciens de nos jours ! En astronomie, au lieu de croire que la lune et le soleil ont été créés pour nous, notre esprit s'habitue à considérer l'espace comme rempli d'une foule de mondes plus ou moins analogues au nôtre. Les sciences naturelles essayent à peine leurs forces; la chimie date d'hier; la physique ne remonte guère qu'au XVIIIe siècle; quant à la médecine, il n'y a pas encore bien longtemps que ses adeptes ne prêtent plus à rire et ne justifient plus les plaisanteries de Molière.

Dans l'industrie, ce progrès des sciences se traduit surtout par une immense économie de travail. Les cent cinquante femmes de Pénélope avaient bien de la peine à moudre la quantité de blé qui exigerait à peine aujour-



Digitized by Google

d'hui les forces d'un seul homme. Grâce à la machine à filer, une seule personne fait maintenant le travail de quatre cents femmes. La puissance productrice augmente donc énormément; la science marche vers des horizons nouveaux encore inconnus jusqu'ici, et quand il se présente une invention nouvelle, nous ne devons pas la décourager.

Cela est surtout vrai de l'agriculture. La terre n'est pas cette bonne mère aux mamelles fécondes qu'on aime à nous représenter s'empressant de prodiguer ses richesses à ceux qui les désirent. Il faut lui arracher ses bienfaits, et l'on sait aujourd'hui qu'il y a un cercle complet dans la production agricole : les éléments enlevés à la terre par la végétation passent dans le corps des animaux, pour lui être ensuite restitués par diverses voies. Mais comment agrandir ce cercle? Voilà le grand problème à résoudre.

Parmi les aliments, se trouvent notamment des matières charbonnées; nous brûlons ainsi 250 grammes de charbon par jour. L'homme est donc une véritable machine à vapeur, et c'est même une machine assez économique, puisqu'une machine à vapeur qui fait le travail de quatorze hommes consomme 24 kilogrammes de charbon. Mais ce n'est pas tout. Il nous faut aussi des matières azotées et des matières phosphatées pour les os, et cela d'une manière constante, comme l'ont démontré les belles expériences de M. Flourens (1).

Mais, en définitive, il faut aller chercher tout cela dans les végétaux, et comme ceux-ci puisent à leur tour leur nourriture dans les détritus et les déjections des animaux vivants, il semble impossible d'augmenter la quantité de vie sur le globe, et le développement de l'humanité paraît irrévocablement renfermé dans des limites infranchissables. Il y a pourtant bien des moyens de reculer ces limites. D'abord l'emploi des combustibles fossiles introduit dans l'atmosphère une grande quantité d'acide carbonique que les plantes décomposent en fixant le carbone, qui entre ainsi dans le cours circulaire de la vie. Puis l'exploitation du nitrate de potasse ou de soude du Chili fournit beaucoup de matières azotées; on tire aussi du sol un certain nombre de phosphates, etc.

Le dernier et le plus puissant moyen, c'est d'augmenter la production agricole; 6000 kilogrammes de foin, c'est un bœuf de plus, et un bœuf de plus, c'est un homme. Ainsi l'hectolitre de luzerne, qui produit 6000 kilogrammes de foin, permet d'élever un bœuf; mais si nous trouvons un autre fourrage qui produise 12 000 kilogrammes par hectare, nous élèverons deux bœufs, qui serviront à nourrir deux hommes. Ce fourrage, un mémoire d'un jeune propriétaire, M. Alphonse Lavallée, nous l'a indiqué. Ce n'est pas que la plante en question ne fût déjà connue dans la science; mais elle y était cataloguée avec un nom barbare, que les agriculteurs n'eussent jamais retenu; et, d'ailleurs, il y a une grande différence entre la connaissance théorique d'une chose et son application pratique. Ce mémoire résume cinq ou six années d'expériences patientes. Le nouveau fourrage, le brote, croît même sous la neige, et il est très-appétissant pour les animaux; ce qui n'étonnera personne, quand on saura qu'il contient un tiers de matières solubles de plus que tous les autres fourrages.

Mais les aliments destinés à entretenir la force des tissus ne suffisent pas à l'homme; il lui faut encore des aliments respiratoires : le thé, le café, le vin, le sucre, etc. La France produit beaucoup de vin, et l'on prétend même que les Français doivent à l'usage de cette boisson généreuse l'ardeur qui les distingue particulièrement. Nous sommes malheureusement obligés d'aller chercher à l'étranger le thé et le café; mais la betterave nous a permis de produire le sucre chez nous. Rien n'est perdu dans cette plante, car la pulpe, utilisée pour la nourriture des animaux, fait ainsi retourner au sol tous les résidus de la fabrication. Il faut donc encourager la culture de la betterave, mais plutôt pour la fabrication du sucre que pour la production de l'alcool qu'on en extrait aussi fort souvent. En effet, l'alcool peut être retiré d'autre part, et d'ailleurs il est employé presque tout entier à la consommation des petits verres, qui est une des plaies les plus funestes de la société moderne. On peut dire que chaque verre de ces mauvaises liqueurs vendues au peuple diminue la vie de cinq minutes. L'impôt des petits verres est donc très-bon; mais celui du sucre ne l'est pas, car le sucre exerce la plus heureuse influence sur la santé, et constitue la dernière nourriture de celui qui n'en peut plus prendre d'autre.

On peut en quelque sorte mesurer la puissance de l'homme, dit M. Barral en finissant, par l'espace qu'il parcourt en un temps donné. Or, au commencement de ce siècle, un homme pouvait faire six lieues par jour à pied; il exerçait donc son action sur trente-six lieues carrées. Plus tard, avec les coucous, on fit vingt-quatre lieues par jour. Vers 1815, on eut des diligences parcourant quarante-huit lieues par jour, et enfin des diligences qui en faisaient quatre-vingt-seize. Aujourd'hui, on parcourt deux cent soixante-huit lieues par jour en chemins de fer, c'est-à-dire quinze fois plus qu'au commencement de ce siècle. Un homme d'aujourd'hui vaut donc deux cent vingt-cinq fois autant qu'un homme d'alors. Les hommes intelligents peuvent se transporter rapidement à de grandes distances, et organiser ainsi de vastes entreprises qui auraient été impossibles autrefois. Voilà pourquoi les progrès sont devenus si rapides.

Mais pourquoi borner là notre ambition, et supposer que l'homme sera indéfiniment confiné dans notre pla-

(1) M. Flourens prenait une douzaine de jeunes porcelets auxquels il faisait prendre une boisson de garance colorant les os en rouge; puis il leur donnait pendant les trois jours suivants une nourriture complétement privée de garance, pour revenir ensuite au régime primitif pendant une nouvelle période de trois jours, et ainsi de suite. Au bout d'un certain temps, il constatait que les os étaient formés d'anneaux concentriques alternativement rouges et blancs.

Digitized by Google

nète? Il y a deux cents ans, qui aurait cru que l'on construirait un jour des lunettes capables de nous faire distinguer tous les détails de la lune? La chose est arrivée pourtant. Plus tard, les hommes échangeront sans doute des signaux à travers l'espace, et, quand ils auront su se comprendre à distance, ils seront bien près de se réunir.

— Mardi 13 décembre, M. Daremberg a ouvert au Collége de France le cours d'histoire de la médecine, récemment institué. L'assemblée était nombreuse, trop nombreuse même, puisqu'elle n'a pu tenir tout entière dans la salle. Après avoir rappelé les vicissitudes de cet enseignement, tour à tour établi au Collége de France, puis supprimé, puis rétabli, le nouveau professeur a tracé nettement le cadre qu'il doit remplir cette année. M. Daremberg avait bien voulu nous communiquer cette leçon; mais comme elle a déjà paru *in extenso* dans l'*Union médicale*, et paraîtra de même dans la *Gazette des hôpitaux*, nous préférons y renvoyer nos lecteurs, qui connaissent presque tous ces deux journaux. Par compensation, nous leur donnerons dans quelque temps une autre leçon de M. Daremberg, qui ne sera reproduite que par nous. En attendant, nous ne pouvons mieux faire, pour leur rendre compte de cette leçon d'ouverture, que de transcrire l'appréciation qu'en a donnée M. Littré, dans le *Journal des Débats* du 16 décembre.

« Toute la méthode de l'histoire des sciences gît dans la disposition des périodes ou époques. Tenter de raconter, sans avoir pris ce soin préliminaire et capital, c'est porter dans les faits et dans les doctrines une irrémédiable confusion. Mais, à les mal déterminer, on perd autant qu'on gagne à les bien déterminer. Mal coupées, l'intérêt et la lumière du drame historique (car c'est un drame que cette lutte de l'esprit humain avec les difficultés de la vérité) s'évanouissent; bien coupées, elles parlent d'elles-mêmes, montrent le chemin, et signalent les stations où il s'est passé quelque chose de nouveau et de grand.

» M. Daremberg, qui depuis plus de vingt ans concentre ses études sur les monuments de la médecine, n'était pas homme à se méprendre en un objet aussi important. Il a, d'une main heureuse, partagé le temps en périodes. Elles font honneur au savoir de l'érudit, à la sagacité de l'historien, à l'habileté du professeur.

» Il est inutile de chercher hors de la Grèce les rudiments de la médecine, car toute doctrine vraiment scientifique est née dans ce pays, le maître intellectuel du reste du monde. Ces rudiments s'y présentent, comme partout, sous la forme de la théurgie et de l'empirisme; ils constituent la première période, qui est fort courte, car les documents font défaut, mais qui du moins note et fixe le point de départ.

» La seconde époque, courte encore, mais déjà munie de documents certains, se caractérise par l'alliance de la médecine avec les plus antiques philosophies de la Grèce. La médecine, docile à leurs enseignements, puise là des idées générales et systématiques qui la domineront bien longtemps. Après tout, mieux vaut une rationalité provisoire que l'absence de toute rationalité.

» Le grand nom d'Hippocrate remplit la troisième époque. Deux traits principaux y apparaissent : l'observation pathologique commence; la théorie des milieux s'ébauche; mais on ne connaît, à proprement parler, ni anatomie, ni physiologie.

» Avec la quatrième époque, on sort de cette ignorance. Érasistrate et Hérophile disséquent, et l'anatomie fait faire quelques pas à la physiologie.

» Pour la cinquième, je me servirai de la phrase concise de M. Daremberg. Cette époque, dit-il, est caractérisée par un seul nom : Galien, et par une seule idée : synthèse. Je me contente d'ajouter que, visiblement, c'était là le suprême effort de la médecine antique, qui ne pouvait aller plus loin. Une systématisation spécieuse, enveloppant tout, rendait raison de tout. Pour avancer, il aurait fallu observer et expérimenter; mais l'antiquité observait imparfaitement et n'expérimentait point. L'esprit humain n'avait pas encore été perfectionné par la pratique et la discipline de sciences plus simples que la biologie, je veux dire la physique et la chimie, qui ont fondé la puissante doctrine de l'expérimentation. L'antiquité en était aux mathématiques, à l'astronomie géométrique, à quelques rudiments de physique. Ce savoir, tout précieux qu'il était, ne suffisait pas à procurer les progrès de la physiologie, et, partant, de la médecine.

» La sixième époque comprend le moyen âge entier. Cet âge n'eut pas d'autre office que de conserver la médecine antique qu'il avait reçue. Ce sera là un triomphe pour M. Daremberg, car le premier il a montré comment, malgré l'invasion des barbares, se fit la tradition; si bien que les Occidentaux se trouvèrent tout préparés quand ils eurent, par les Arabes, communication indirecte avec les sources grecques.

» Le moyen âge avait longuement pratiqué l'alchimie, et par là ouvert à la théorie de la composition et de la décomposition une voie que l'antiquité avait complétement ignorée. C'est là ce qui explique l'apparition de Paracelse, l'invasion de la chimiatrie et la recherche des quintessences, qui est devenue la doctrine, si féconde pour la théorie et pour la pratique, des actions spécifiques. Un esprit nouveau souffle sur la médecine : c'est la septième époque.

» Un esprit plus nouveau encore, un mouvement plus décisif anime la huitième et dernière époque. La grande découverte de la circulation du sang l'inaugure. A l'origine de cette période, et pendant le temps qu'elle occupe, la physique fait d'éclatantes découvertes; la chimie, à la suite, arrive à un non moindre développement, et, bientôt après, Bichat reconnaît l'immanence de propriétés spécifiques dans la substance organisée; ce qui clôt la période préparatoire de la biologie, la fonde sur des doctrines propres comme science distincte de la physique et de la chimie, et, réagissant sur la médecine, amène, en résultat de beaux travaux, à ne plus considérer la pathologie que comme un cas particulier de la physiologie.

» C'est jusque-là que M. Daremberg conduira ses auditeurs.

» M. Daremberg promet de remplir son programme en soixante-dix leçons environ. C'est un grand effort de réduire un sujet aussi étendu en de justes proportions. Il serait plus facile de se laisser aller à l'abondance des détails. Mais il importe que ce premier cours montre l'histoire de la médecine dessinée; dans cette histoire, les époques; dans les époques, les points culminants. Ceci n'a pas encore été fait, soit avec une doctrine suffisamment éclairée, soit avec une érudition suffisamment informée. Réunir les deux est le titre de M. Daremberg à la chaire où il vient de monter. »

Nous donnons aujourd'hui la première leçon du cours de chimie organique de M. Berthelot au collége de France, et la remarquable conférence faite vendredi dernier aux soirées scientifiques de la Sorbonne par M. Boutan, professeur de physique au lycée Saint-Louis.

M. Claude Bernard a ouvert aujourd'hui au collége de France son cours de *médecine expérimentale*, au milieu d'un concours d'auditeurs très-considérable. Il a défini la médecine expérimentale en la comparant à la médecine d'observation. Nous donnerons cette leçon *in extenso* samedi prochain.

ÉMILE ALGLAVE.

Digitized by Google

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT.

### I.

**Leçon d'ouverture. — Coup d'œil sur l'histoire des alcools.**

Le type des alcools est l'alcool ordinaire retiré du vin par la distillation; c'est lui qui a servi de point de départ à toute une série de corps analogues, dont la découverte remonte au commencement de ce siècle.

Le premier des corps ainsi découverts est l'alcool méthylique, qui se trouve dans les produits de la distillation du bois; puis viennent : l'alcool éthalique ou éthal, qui entre dans la constitution du blanc de baleine; l'alcool mélissique, qui fait partie de la cire des abeilles; le camphre de Bornéo, qui découle spontanément du *Dryobalanops camphora;* la cholestérine, que l'on rencontre dans les calculs biliaires des animaux; enfin, la glycérine, qui entre dans la constitution des corps gras neutres, la plupart des matières sucrées, telles que la mannite, les glycoses, sont également des alcools.

Les alcools donnent naissance à une multitude de dérivés, dont nous allons rapidement passer en revue les principaux.

1° *Hydrogènes carbonés.*— Les alcools sont des composés neutres, ternaires, formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène : en leur enlevant tout l'oxygène, il reste des hydrogènes carbonés.

C'est ainsi qu'en chauffant de l'alcool avec de l'acide sulfurique en excès, il se dégage de l'hydrogène bicarboné, gaz qui brûle avec une flamme très-éclairante et qui entre dans la constitution du gaz d'éclairage. Pour mettre en évidence dans ce composé le charbon et l'hydrogène, il suffit de le mêler avec du chlore et d'enflammer ce mélange; il se dégage de l'acide chlorhydrique, et il se dépose du charbon sur les parois de l'éprouvette :

$$C^4H^6O^2 - H^2O^2 = C^4H^4 \text{ (hydrogène bicarboné).}$$

2° *Aldéhydes.* — Au lieu d'enlever de l'oxygène, ou à la fois de l'oxygène et de l'hydrogène pour obtenir les hydrogènes carbonés, le chimiste peut enlever seulement de l'hydrogène aux alcools, et obtenir ainsi des corps particuliers, qui ont reçu de Liebig le nom d'*aldéhydes* pour rappeler leur mode de formation; en soumettant, par exemple, l'alcool ordinaire à l'action oxydante d'un mélange de bichromate de potasse et d'acide sulfurique, le liquide ne tarde pas à entrer en ébullition, et l'on peut recueillir par la distillation un liquide très-volatil, d'une odeur caractéristique :

$$C^4H^6O^2 - H^2 = C^4H^4O^2 \text{ (aldéhyde).}$$

Les essences d'anis, de cumin, d'amandes amères, le camphre du Japon, etc., sont des aldéhydes.

3° *Acides.* — On peut non-seulement enlever de l'hydrogène aux alcools, mais on peut encore simultanément leur ajouter de l'oxygène, et l'on obtient alors des acides organiques :

$$C^4H^6O^2 - H^2 + O^2 = C^4H^4O^4 \text{ (acide acétique).}$$

Transformation qui s'effectue aisément en faisant passer de la vapeur d'alcool sur de la chaux sodée chauffée à 200 degrés seulement. Pour mettre en évidence l'acide produit, il suffit de traiter la chaux sodée par de l'acide sulfurique, et distiller : l'acide acétique devenu libre peut être recueilli dans un récipient refroidi.

On peut obtenir avec le même alcool d'autres acides plus oxygénés. Ainsi, avec l'alcool ordinaire, on peut former directement ou indirectement les acides suivants :

$C^4H^4O^4$ (acide acétique).
$C^4H^4O^6$ (acide glycollique).
$C^4H^4O^8$ (acide oxyglycollique).
$C^4H^2O^6$ (acide oxalique).

C'est ainsi qu'en chauffant l'alcool de vin avec de l'acide nitrique, la liqueur donne, par concentration, de l'acide oxalique cristallisé :

$$C^4H^6O^2 - H^4 + O^6 = C^4H^2O^8.$$

Pour constater la nature de ces cristaux, il suffit de les dissoudre dans l'eau, de saturer la liqueur par l'ammoniaque et d'y verser du chlorure de calcium; on obtient ainsi un abondant précipité, insoluble dans l'acide acétique.

4° *Ethers.* — Les alcools, en se combinant avec les acides, forment des corps extrêmement importants qui ont reçu le nom d'*éthers.*

Ces combinaisons, et c'est là un caractère essentiel, peuvent s'effectuer directement. Par exemple, en abandonnant pendant plusieurs mois, dans un ballon fermé, un mélange d'alcool de vin et d'acide acétique, on obtient par l'addition de l'eau un liquide qui vient surnager la masse, et qui se distingue par une odeur agréable; c'est l'éther acétique :

$$C^4H^6O^2 + C^4H^4O^4 - H^2O^2 = C^8H^8O^4 \text{ (éther acétique).}$$

La plupart des principes odorants des fruits paraissent être des éthers; il en est de même d'un grand nombre d'autres produits naturels, tels que le blanc de baleine, la cire des abeilles, la plupart des corps gras neutres, etc.

5° *Ammoniaques composées.*— En faisant réagir sur l'alcool à l'état naissant de l'ammoniaque, on obtient un alcali, l'éthylammine :

$$C^4H^6O^2 + AzH^3 - H^2O^2 = C^4H^7Az \text{ (éthylammine).}$$

Il suffit de chauffer à 100 degrés, dans un tube fermé, de l'éther iodhydrique et de l'ammoniaque, pour obtenir,

Digitized by Google

par l'évaporation de la liqueur aqueuse, une matière cristallisée, l'iodhydrate d'éthylammine. Ce sel, décomposé par la potasse caustique, donne un gaz qui jouit de toutes les propriétés fondamentales de l'ammoniaque, mais qui s'en distingue cependant à certains égards, et surtout parce qu'il brûle à l'air en donnant naissance à de l'acide carbonique.

6° *Amides.*— Tous les corps azotés qui dérivent des alcools ne sont pas des alcalis. En faisant agir de l'ammoniaque sur les acides organiques, on obtient des sels qui sont susceptibles de perdre de l'eau et de se transformer en une classe de composés qui ont reçu le nom d'*amides*. Si, à l'exemple de M. Dumas, on chauffe dans une cornue de l'oxalate d'ammoniaque, il vient se condenser dans le col de la cornue une poudre blanche, neutre, insoluble dans l'eau, et dont la formation s'explique de la manière suivante :

$$C^4H^2O^8 2AzH^3 - 2H^2O^2 = C^4H^4Az^2O^4 \text{ (oxamide).}$$

Si au lieu de prendre de l'oxalate neutre, on prend de l'oxalate acide d'ammoniaque, on obtiendra un acide amidé, l'acide oxamique, découvert en 1842 par M. Balard.

L'urée qui existe normalement dans l'urine est l'amide de l'acide carbonique :

$$C^2O^4H^2O^2 2AzH^3 - 2H^2O^2 = C^2H^4Az^2O^2 \text{ (urée).}$$

Ce corps, chauffé avec les alcalis, reproduit ses générateurs : il se dégage de l'ammoniaque, et l'acide carbonique reste fixé sur l'alcali.

7° *Radicaux métalliques.* — On peut enfin combiner les alcalis avec les métaux, ce qui donne naissance aux radicaux métalliques composés, corps extrêmement énergiques et dont quelques-uns, comme le zincéthyle, ont des affinités tellement puissantes, qu'ils peuvent s'enflammer spontanément à l'air :

$$C^4H^6O^2 - H^2O^2 + Zn = C^4H^5Zn \text{ (zincéthyle).}$$

Tels sont les principaux dérivés des alcools. Cette rapide énumération permet d'entrevoir le rôle immense que les alcools jouent en chimie organique, et comment la plupart des composés organiques viennent se grouper autour d'eux.

Au point de vue de l'étude, on peut diviser les alcools en *alcools monoatomiques* et *alcools polyatomiques;* c'est en effet la marche qui sera suivie dans ces leçons.

On commencera d'abord par exposer l'histoire des alcools ordinaires, en indiquant successivement les découvertes qui ont été faites dans cette direction. Cette méthode permettra de montrer plus facilement comment les idées sur les alcools, se sont modifiées peu à peu, et comment l'esprit humain, par une marche graduelle et systématique, est parvenu à découvrir successivement les lois qui constituent actuellement la théorie de ces composés. On groupera ensuite tous ces faits, et l'on s'efforcera de faire ressortir les points fondamentaux qui dominent toute la question.

Ces idées générales seront exprimées autant que possible par des formules abstraites, basées sur l'expérience et l'interprétation la plus naturelle et la plus simple des faits eux-mêmes : car il ne faut pas oublier que, dans une science véritable, les signes et les symboles ne sont que des accessoires qui doivent s'effacer derrière les idées générales qu'ils représentent.

D' Edme Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### PHYSIQUE.

CONFÉRENCE DE M. BOUTAN.

**Conversion des liquides en vapeur.**

Messieurs,

La question dont je vais avoir l'honneur de vous entretenir est des plus simples, du moins en apparence. Il s'agit de la conversion des liquides en vapeurs. Certes, il est peu de phénomènes qui se montrent plus fréquemment autour de nous. La chaleur solaire enlève chaque jour à la mer des masses considérables d'eau qui se transforment en gaz invisible, pour donner plus tard naissance aux nuages, et ceux-ci, entraînés par les vents, viennent enfin se résoudre en pluie.

La combustion de la houille, dans les foyers de nos usines, opère aussi sur une vaste échelle une transformation du même genre; c'est même ainsi que se trouve engendrée cette force motrice puissante dont vous connaissez tous les énergiques effets.

Cependant, quelque familier que nous paraisse, au premier abord, le changement d'état que nous allons étudier, quand le physicien l'examine de près, sous tous ses aspects, en profitant des ressources que lui fournit la méthode expérimentale, il ne tarde pas à reconnaître que sous cette simplicité apparente se cache une complication véritable.

La chaleur, par son intervention, est sans doute l'agent essentiel qui fait qu'un liquide devient vapeur, et cependant j'espère vous montrer aujourd'hui qu'il y a souvent formation de vapeur sans qu'une source calorifique intervienne, et que souvent aussi on peut chauffer un liquide, même à des températures relativement élevées, sans qu'aucun symptôme de vaporisation se manifeste.

Toutefois, messieurs, si nous voulons approfondir d'une manière suffisante cette conversion des liquides en vapeurs, un instrument de mesure nous est indispensable; il nous faut un thermomètre. Mon embarras, je l'avoue, a été grand, lorsqu'il s'est agi de trouver l'appareil thermométrique le plus convenable, et dont les indications puissent être contrôlées par vous.

Pouvais-je prendre un de ces thermomètres à mercure

Digitized by Google

si sensibles dans leurs indications, et qui rendent tous les jours aux physiciens de si grands services? Mais la colonne mercurielle est si déliée dans le tube qu'elle remplit en partie, que les auditeurs même les plus rapprochés de moi ne pourraient certainement pas apprécier ses déplacements. Prendrai-je ces énormes thermomètres pleins d'un alcool rougi, qui s'étalent devant la boutique de quelques opticiens? Leur taille est imposante, je l'avoue, leur visibilité incontestable; ils n'ont qu'un défaut grave, c'est l'absence de toute sensibilité et une telle lenteur dans les indications, que le jour où on les observe, ils indiquent bien souvent la température de la veille. Donc, pas de thermomètre à mercure, pas de thermomètre à alcool. Il nous faut des indications promptes, des indications sûres : je tiens à ce que vous ne soyez point obligés de me croire sur parole. Il faut que tout l'auditoire puisse apprécier par lui-même la vérité de mes assertions.

Eh bien! messieurs, voici un appareil qui me paraît réaliser toutes les conditions que j'indiquais tout à l'heure : c'est un fil de platine qui, à chacune de ses extrémités, est soudé à un fil de cuivre. Les fils de cuivre se prolongent, passent derrière cet écran, et vont aboutir à ce petit appareil cylindrique recouvert d'une cloche de verre qui est là, suspendue devant vous. Or, l'expérience a depuis longtemps montré que lorsqu'on chauffe le point de contact de deux métaux, la chaleur, en se propageant inégalement dans chacun d'eux, développe un flux d'électricité qui parcourt le circuit conducteur dans toute son étendue, quand ce circuit est complet. Or, nous avons ici deux soudures identiques; si elles sont également chaudes, les courants d'électricité qui en émaneront seront égaux en intensité, et comme ils se mouvront en sens contraire, ils neutraliseront leurs effets. Si, au contraire, l'une des soudures, celle que je tiens à la main, possède une température plus élevée que l'autre, c'est le courant qui en émane qui deviendra prépondérant, et s'il m'est possible de rendre le sens de ce courant manifeste, la question est résolue. Or, on sait depuis 1820, depuis la célèbre découverte d'Œrsted, qu'un courant électrique qui chemine dans le voisinage d'une aiguille aimantée mobile, lui imprime une déviation. Le pôle nord de cette aiguille dévie dans un sens ou dans l'autre, suivant la direction du courant. Cette propriété a été utilisée par Melloni dans ses brillantes découvertes sur la chaleur, et plus tard par MM. Laprovostaye et Desains, qui ont précisé davantage et étendu les idées que possédait le physicien italien sur l'identité de la chaleur rayonnante et de la lumière. Eh bien! messieurs, l'aiguille aimantée mobile est sous cette cloche de verre, le courant l'enveloppe sans la toucher; le sens de la déviation nous permettra donc d'estimer quelle sera, à un moment donné, la plus chaude des deux soudures. Mais une simple aiguille à coudre, personne ne l'apercevrait, surtout à la hauteur à laquelle elle est placée; nous l'avons armée d'un long bras qui se mouvra avec elle et qui viendra tracer sur l'écran le sens du mouvement pris par l'aiguille. Ce bras doit être bien léger, car l'aiguille est fort délicate et le fil qui la supporte est un simple fil de soie tel qu'il sort du cocon. Soyez sans crainte, messieurs; nous avons choisi, pour faire notre levier, la matière la plus subtile, et le fil fin ne cassera pas sous son poids : notre levier est un rayon lumineux. La lumière électrique lancée sur un premier miroir fixe, se réfléchit sur le petit miroir rendu solidaire de l'aiguille. Quand il ne passe pas de courant, ou, ce qui revient au même, quand les deux soudures sont également chaudes, le rayon lumineux frappe l'écran sur cette ligne noire qui y est tracée. C'est là notre zéro.

La soudure de droite, que j'appellerai, pour que nous la distinguions toujours, soudure fixe, est-elle plus chaude, la trace lumineuse abandonne la ligne noire et se meut vers votre gauche. La soudure mobile possède-t-elle une température plus élevée, la trace lumineuse chemine vers la droite. Essayons devant vous : la soudure fixe est dans la bouche, la soudure mobile dans l'air; vous le voyez, déviation à gauche, et cela instantanément! La différence des températures est comme télégraphiée! C'est la rapidité de l'étincelle électrique, la rapidité de l'éclair.

Soudure mobile dans la bouche, soudure fixe dans l'air, déviation vers la droite. Voilà l'instrument; voilà le thermomètre réglé et vérifié.

Maintenant que nous sommes en possession de l'instrument de mesure, attaquons directement la question de la transformation des liquides en vapeurs. Plaçons-nous d'abord dans des conditions nettement définies; introduisons un liquide, — et nous le choisirons très-volatil pour que le résultat soit plus marqué; — introduisons un liquide, l'éther ordinaire, dans un espace vide, dans le vide le plus parfait que nous sachions produire, le vide barométrique. Vous savez tous que dans ce tube, le tube de Torricelli ou baromètre, la colonne de mercure demeure suspendue, malgré son poids pour équilibrer la pression de l'atmosphère, pression qui s'exerce partout, et en particulier sur le mercure de cette cuve. Faisons passer de l'éther : à cause de sa légèreté spécifique il gagne la chambre supérieure du baromètre, et, vous le voyez, la colonne mercurielle se déprime aussitôt; elle est descendue d'au moins 30 centimètres. Le poids du liquide pourrait-il être la cause d'un pareil affaissement? Évidemment non. Le peu d'éther que j'ai introduit équivaut à peine par son poids à une colonne de 1 ou 2 millimètres de mercure. D'autre part, l'éther qui reste, et que vous apercevez au-dessus du mercure, est en moindre quantité que l'éther introduit. Pourtant ce qui manque n'a pas pu s'anéantir; c'est donc une portion du liquide qui est devenue vapeur, vapeur invisible. Cette vapeur emplit tout cet espace, et elle contrebalance en partie la pression atmosphérique. Constatons le fait plus nettement encore. Je chauffe la vapeur, et le liquide, c'est-à-dire la colonne mercurielle, baisse de

Digitized by Google

plus en plus; il y a donc là un gaz dont la force de ressort a augmenté quand sa température s'est accrue. C'est en vain que j'aurais chauffé tout à l'heure la chambre barométrique, aucun mouvement ne se serait manifesté dans la colonne.

La même expérience réussirait avec l'eau, l'alcool, nous pouvons dire avec un liquide quelconque.

Retenons donc, s'il vous plaît, ce fait important : *En présence d'un espace vide, le liquide se réduit de lui-même en vapeur*, et de plus cette dernière acquiert une pression croissante avec la température, toujours la même pour une même température et une même vapeur. Ajoutons bien vite que si le liquide est porté à la température de son ébullition, sa vapeur équilibre exactement la pression normale de l'atmosphère ou $0^{m},760$ de mercure. Voici un liquide qui bout à 12 degrés, l'éther chlorhydrique; introduit dans la chambre barométrique, il déprime la colonne tout entière; c'est que la température de l'air de cette salle est précisément celle de l'ébullition de l'éther chlorhydrique.

Plaçons le liquide dans des conditions nouvelles, en présence d'une masse d'air limitée, dans cet espace que vous apercevez au-dessus du mercure : l'air qui s'y trouve a exactement la constitution et la force élastique de l'air extérieur; car, vous le voyez, le mercure se maintient exactement à la même hauteur dans ces deux tubes communicants. A l'aide d'un robinet placé au haut de l'instrument et [illegible]sé d'une cavité qui ne le traverse pas d'outre en outre, nous allons faire arriver de l'éther dans cet espace limité.

Vous voyez le résultat : le mercure baisse dans le gros tube; il monte dans le petit tube d'une manière progressive, et il arrive un moment, qui n'est pas très-éloigné, où, malgré l'introduction d'une nouvelle quantité d'éther, les colonnes ne bougent plus : la masse d'air renferme toute la vapeur qui peut y tenir; elle représente une éponge totalement imprégnée de cette vapeur; disons le mot, l'air est saturé. Pour juger de la force élastique de cette vapeur, rendons à l'air son volume primitif, en versant du mercure par le haut du tube étroit : la différence des niveaux, exactement mesurée, est précisément égale à la dépression dans le tube barométrique que j'ai essayé tout à l'heure. Concluons bien vite, messieurs, qu'en présence de l'air, et nous pouvons dire d'une atmosphère gazeuse quelconque, le liquide se réduit de lui-même en vapeur, comme il le fait dans le vide. L'unique différence, c'est qu'il y a instantanéité de la vaporisation, saturation immédiate quand c'est un espace vide qui est offert à la vapeur, et au contraire vaporisation lente quand c'est l'air qui touche le liquide.

J'ai à peine besoin, messieurs, d'indiquer les conséquences qui se déduisent de ces faits importants pour l'explication des phénomènes naturels.

Quand un vent sec souffle avec violence, il dessèche rapidement le sol; il produit une évaporation active à la surface des plantes et les flétrit; le linge mouillé est placé dans des chambres ouvertes de toutes parts, afin que l'air, se renouvelant sans cesse à la surface du tissu humide, s'imprègne promptement de toute la vapeur que l'eau lui fournit.

Mais la conversion en vapeur dont vous venez d'être témoins s'est donc effectuée sans qu'aucune portion de chaleur ait été fournie au liquide? Vous l'avez vu, nous n'avons eu recours à aucune source calorifique; cependant, messieurs, la chaleur est intervenue; si nous ne l'avons pas fournie à la vapeur, c'est qu'elle l'a prise au liquide lui-même. Voilà un point important que nous allons établir par l'expérience. Recourons à notre instrument. Je plonge les deux soudures dans l'éther, l'aiguille ne bouge pas : vous le savez, cela veut dire que pour l'une et pour l'autre la température est la même. Je retire la soudure fixe, je l'imprègne d'éther avec un peu de coton cardé, et je l'agite dans l'air : voyez aussitôt la déviation. La soudure sur laquelle l'éther s'évapore est la plus froide : donc froid produit par l'évaporation. Il faut à la vapeur, pour se former, de la chaleur; vous ne la lui donnez pas, elle la prend aux corps qui l'entourent, aux liquides, aux vases, et rien ne peut faire obstacle à cette conversion quand le liquide est baigné par l'air ou qu'il touche le vide. Voici une deuxième expérience où la congélation de l'eau est la conséquence de l'évaporation active produite à sa surface. Le petit appareil employé ici porte le nom de *cryophore*.

J'ai insisté, messieurs, et à dessein, sur les deux modes de transformation en vapeur, par le contact d'un gaz ou par la présence du vide. C'est qu'en effet, — et ce sera l'objet véritable de cette conférence, — c'est qu'en effet le phénomène de la vaporisation peut être ramené, même quand on se place dans les conditions les plus compliquées en apparence, à ce principe unique : *Un liquide ne se convertit en vapeur, alors même qu'on le met en présence d'un foyer de chaleur, qu'autant qu'il est en contact par une surface libre avec le vide ou avec un gaz.*

Prenons tout de suite le mode le plus ordinaire de vaporisation, étudions de près l'ébullition de l'eau. Voici un ballon de verre plein d'eau ordinaire; il est chauffé par-dessous. Le premier fait qui nous frappe au moment où l'échauffement de l'eau se manifeste, c'est l'apparition de bulles nombreuses en différents points de la paroi. Quelques-unes de ces bulles grossissent et finissent par se dégager : c'est de l'air, l'air que renfermait l'eau en dissolution, l'air qui adhérait à la paroi. Continuons à chauffer; la température du liquide s'élève, et bientôt à sa surface supérieure apparaissent des fumées blanches : c'est la vapeur fournie par la surface en contact avec l'air, qui, possédant une température trop élevée, se condense partiellement dans l'air. Chauffons toujours; un frémissement se fait entendre : « c'est l'eau qui chante », dit-on quelquefois; l'explication du fait est facile. Quelques petites bulles de vapeur, partant du fond, se sont élevées dans la masse, y ont rencontré un liquide plus froid

Digitized by Google

et se sont subitement condensées : de là choc du liquide contre le liquide, et production de son. Élevons encore davantage la température. Voici en quelques points de la paroi des bulles d'abord extrêmement petites qui grossissent de plus en plus; la poussée du liquide finit par les soulever : elles montent et viennent crever à la surface supérieure.

Pour que ces bulles puissent exister, il faut évidemment que le gaz ou la vapeur qui y sont contenus aient une force élastique un peu supérieure à la pression atmosphérique; sans cela, la pellicule liquide qui forme l'enveloppe de cette espèce de ballons, plus fortement pressée à l'extérieur qu'à l'intérieur, crèverait infailliblement. Voici une expérience tout à fait propre à mettre ce fait en évidence. Dans cette mince boule de verre, je chasse l'air en faisant bouillir le peu d'eau qui s'y trouve; tant que l'eau est en ébullition, la vapeur presse sur l'enveloppe vitreuse autant que le fait l'air de l'extérieur : l'équilibre existe. Je ferme la pointe effilée au chalumeau; je laisse la boule se refroidir, et, vous le voyez, la pression atmosphérique l'écrase, elle est brisée : il y a une explosion véritable.

Encore une conséquence de la réalité de cette pression. Raréfions l'air au-dessus d'une masse d'eau portée à 50 degrés environ, elle entrera en ébullition, tandis que sous la pression de l'atmosphère, elle ne bouillait qu'à 100 degrés. En un mot, nous la ferons bouillir à telle température qui nous plaira, pourvu que nous donnions à l'atmosphère ambiante une pression juste égale à celle que possède, à la même température, la vapeur du liquide employé. Enfin, chose remarquable, quand un liquide bout sous une pression déterminée, on a beau chauffer davantage, la température ne varie pas : c'est qu'il faut à la vapeur, nous l'avons établi plus haut, de la chaleur pour se former; alors, dès que des bulles nombreuses pourront se dégager, toute la chaleur qui arrivera du foyer sera uniquement employée à engendrer une quantité correspondante de vapeur. Il y aurait refroidissement, si l'on ne donnait pas autant de chaleur que la vapeur en exige; il y aurait au contraire élévation de température, s'il ne se formait pas assez de vapeur pour consommer toute la chaleur qui a été fournie au liquide.

Jusque-là, messieurs, tout s'explique; mais voici des difficultés qui surgissent. Dès 1812, Gay-Lussac constatait que l'ébullition de l'eau est retardée dans les vases de verre; qu'elle y est plus haute de plusieurs degrés que dans les vases de métal. Il attribuait ce retard à l'adhérence qui s'établit entre le verre et l'eau. Un peu plus tard, en 1842, Marcet (de Genève) reconnaissait que le retard est encore plus grand quand le vase de verre a été soumis à un contact prolongé avec l'acide sulfurique.

En réalité, messieurs, que se passe-t-il là? Les métaux, je vais le prouver, ont une propriété curieuse : mis dans un gaz, ils en condensent une partie à leur surface, et la gaîne gazeuse y demeure adhérente; mis dans un liquide qui tient un gaz en dissolution, ils enlèvent le gaz au liquide, et des bulles nombreuses viennent se former à la surface du métal. Voyez ce pinceau de fils de platine qu'on immerge dans l'eau tenant en dissolution un peu d'acide carbonique : à peine l'immersion a-t-elle eu lieu, que ces fils se recouvrent d'un chapelet de bulles qui, devenues trop volumineuses, finissent par se dégager.

Eh bien, messieurs, le verre est mouillé par l'eau beaucoup mieux que le métal; la gaîne gazeuse adhérente est dès lors plus facilement dissoute par l'eau; elle ne pourra subsister que dans les seuls points où, pour une cause quelconque, par suite d'impuretés de la surface, le liquide ne mouillait pas. Le lavage du ballon à l'alcool, à l'acide sulfurique, favorisera bien davantage la disparition de l'air adhérent. Or, cet air que le métal fixe, c'est une surface libre intérieure qui est ménagée au liquide. L'évaporation aura donc lieu par cette surface libre; nous le savons, l'air se saturera, et la bulle augmentera de volume : tout s'explique. Quand il s'agit d'un vase de métal où l'air abonde, l'ébullition arrive sans encombre au moment où la température théorique est atteinte. Dans le verre, au contraire, vous faites disparaître l'air; vous rendez, par suite, toute évaporation intérieure impossible, ou du moins vous la localisez dans un très-petit nombre de points. Il arrivera donc que le liquide recevra, dans un temps donné, une quantité de chaleur plus grande que celle qu'absorbe la vapeur formée. Cet excédant de chaleur élèvera la température. Voilà, si je ne me trompe, la cause du retard de l'ébullition de l'eau dans le verre.

Multiplions les expériences à l'appui de cette explication. Voilà un ballon soigneusement lavé à l'acide sulfurique, l'eau n'y bout qu'à 107 degrés; nous sommes à 106 degrés, vous le voyez, l'eau n'y bout pas. J'y projette un peu de limaille de fer, de la limaille froide, elle provoque immédiatement l'ébullition; c'est qu'elle a apporté, par la couche gazeuse qui y était adhérente, cette surface libre nécessaire à l'ébullition et qui manquait au liquide.

C'est ainsi que s'explique l'emploi des fils de platine, pour l'ébullition facile de l'acide sulfurique. Les soubresauts qu'occasionne la vapeur de ce dernier liquide détermineraient bien vite la rupture du vase de verre où s'opère la distillation. L'introduction de quelques fils de platine donne à l'ébullition une régularité, un calme qui lui manquaient. Mais quand ils ont longtemps servi, ces fils de platine deviennent inactifs; ils perdent à la longue l'air condensé qu'ils contenaient, et ne reprennent leur activité première que par leur contact avec l'air environnant.

Mais, me dira-t-on, si la surface du ballon était parfaitement polie et complétement dégagée de toute impureté, il ne se produirait donc jamais d'ébullition? Prenons garde! L'eau que nous introduisons dans ce ballon ap-

Digitized by Google

porte avec elle de l'air, et quelque bien nettoyée que soit la surface du vase, vous aurez encore en certains points défectueux une soustraction d'air faite au liquide par les rugosités de la surface. Dès lors l'ébullition commencera plus tard, mais elle aura lieu. A la place d'eau aérée, introduisons de l'eau récemment et fortement bouillie, l'ébullition sera encore retardée davantage; malheureusement,—et ici je m'appuie sur l'autorité d'un physicien célèbre, Grove,—malheureusement l'expulsion totale de l'air de l'eau est impossible : « Jamais personne, dit Grove, n'a vu bouillir de l'eau complétement dépourvue d'air. »

Savez-vous ce qui se passe quand on élimine de son mieux l'air dissous? quand l'alcool, la potasse, l'acide sulfurique ont tour à tour été employés pour donner à la surface vitreuse une netteté absolue? C'est M. Donny de Gand qui va nous répondre : Voici un tube muni de trois boules; il a été préparé avec toutes les précautions voulues; on y a introduit de l'eau qui avait bouilli pendant longtemps; on a déterminé dans le tube lui-même l'ébullition de cette eau : aussi voyez quelle continuité parfaite dans la colonne liquide; elle se meut tout d'une pièce; elle produit, en choquant la paroi, le bruit que ferait une tige de métal. Plus de coussin d'air interposé entre le verre et le liquide pour amortir le choc, plus de gaz entre les molécules de l'eau pour étouffer le son : c'est l'expérience du marteau d'eau, qui est même capable, à certaines conditions, de donner, sans l'intervention apparente d'aucune force, un bruit continu, un vrai son musical. Il n'y a pourtant là que du verre et de l'eau, et c'est une faible différence de température entre la vapeur d'eau logée dans le tube et l'eau elle-même, qui est la cause productrice du son. Vous avez là un exemple remarquable de la conversion de la chaleur en travail mécanique.

Revenons au tube de Donny. Je le plonge dans un bain à 140 degrés. Que va-t-il se passer? L'eau est en présence du vide ou d'une atmosphère de vapeur possédant une tension très-faible; eh bien, l'eau ne bout pas. Il y a sans doute évaporation à la surface supérieure, mais voilà tout.

Seulement, par un échauffement un peu prolongé, la colonne liquide, au lieu de bouillir, se disloque. C'est un ressort trop tendu qui se brise, et une portion de l'eau est projetée dans les boules, où elle trouve un large espace qui lui est ouvert, et grâce à cette disposition l'appareil n'est pas brisé.

Donny attribuait ce résultat à la cohésion de l'eau. Je ne vois point ce que peut faire la cohésion en cette circonstance : si la bulle de vapeur était déjà formée, je comprendrais que la cohésion du liquide fît obstacle à son expansion ; mais la vapeur n'existe pas. Sa formation est possible, parce que la température est convenable; mais cette formation n'a pas lieu, parce que la préparation convenable des surfaces a supprimé toute surface libre intérieure. Du reste, au lieu d'air, cette surface libre peut tout aussi bien avoir pour origine un petit espace vide, une lacune, un défaut de contact entre la paroi et le liquide, absolument comme une bulle gazeuse interposée.

En effet, imprégnez la surface interne d'un ballon de verre avec un corps gras ou de la gomme laque : l'eau ne le mouille plus, elle y bout à la même température que dans le métal. La paroi solide, la paroi condensant l'air semble donc indispensable. Jugez-en vous-mêmes :

M. Dufour, professeur de physique à Lausanne, a mis en suspension dans un liquide de densité semblable une goutte liquide, tantôt de l'eau, tantôt du chloroforme, de manière qu'il y a là, pour ainsi dire, suppression du poids de la goutte par la poussée du liquide qui l'entoure, et absence de contact avec une paroi solide : c'est un liquide renfermé dans un vase liquide. Dans ces conditions, l'eau a pu être chauffée à 100 degrés, 120 degrés, 150 degrés, 174 degrés : elle ne bouillait pas. Mais qu'on introduise un fil de métal, une pointe de bois, un corps solide quelconque : réduction subite en vapeur. Le solide a apporté le gaz avec lui, il a permis l'évaporation par une surface libre. Aussi, quand le même fil de métal a servi à faire vaporiser un grand nombre de ces bulles ainsi suspendues, il devient inactif. Malheureusement l'expérience de M. Dufour est tellement délicate, qu'il m'est impossible de la répéter devant un auditoire aussi nombreux. Mais en voici une seconde du même physicien, que nous allons vous montrer.

Cette capsule de verre, convenablement préparée, renferme de l'eau à 105 degrés, et qui ne bout pas. A l'aide de ces deux lames de platine, faisons la traverser par un courant voltaïque : des bulles provenant de la décomposition de l'eau se montrent sur les deux lames, et, chose remarquable! ces bulles déterminent l'ébullition. Nous avons donné au liquide la faculté d'une évaporation intérieure.

Il me reste enfin, messieurs, à expliquer un ensemble de faits très-singuliers, dont la recherche de la véritable cause a longtemps préoccupé les physiciens : je veux parler des phénomènes présentés par les liquides projetés sur les surfaces incandescentes, phénomènes qu'on a désignés dans leur ensemble par le mot *caléfaction des liquides*. Ellenn et Leidenfrost sont les premiers qui aient appelé l'attention des savants sur les phénomènes de ce genre; plus tard, Laurent, M. Baudrimont, M. Person, et surtout M. Boutigny, ont varié d'une foule de manières les expériences relatives à ces phénomènes. Voici une capsule de platine que je porte au rouge; avec une pipette à bec très-délié, j'y projette quelques gouttes d'eau. On s'attendrait à voir une vive ébullition se déterminer dans le liquide : le métal est incandescent, et pourtant, messieurs, vous apercevez la goutte liquide qui s'est arrondie en sphéroïde et qui se balance mollement au-dessus du métal rouge de feu, sans ébullition et en conservant toute sa limpidité. Quelquefois, acciden-

Digitized by Google

tellement, la goutte offre à sa surface une sorte de trémoussement; elle se partage comme en une série de parties vibrant spontanément; elle acquiert un aspect étoilé. L'expérience réussit de la même façon avec l'alcool, l'éther, tous les liquides volatils.

Avant toute explication, examinons le phénomène de plus près. La goutte d'eau caléfiée touche-t-elle le métal? L'expérience va nous répondre : Sur une lame d'argent rendue incandescente est posée une goutte d'eau; cette goutte, alors même que la lame serait parfaitement horizontale, tomberait bientôt par suite du balancement qui lui est propre. Avec un fil de platine très-fin, auquel le liquide adhère, nous la rendons immobile, puis nous la projetons sur le tableau.

Vous pouvez distinguer tous, messieurs, l'intervalle très-marqué qui sépare le liquide du métal; le liquide ne touche pas, il est suspendu au-dessus de la plaque, il est soutenu sur un coussin formé par sa propre vapeur.

On a quelquefois démontré ce même résultat, en faisant voir qu'un courant électrique ne se transmettait point du liquide au métal. Mais ce procédé de démonstration est indirect; j'ai mieux aimé rendre sensible pour tous l'intervalle qui existe entre le solide incandescent et le liquide. Nous avons donc dans ce cas un liquide qui n'est en contact avec aucun solide; les surfaces qui le limitent sont de toutes parts des surfaces libres, elles touchent l'air par tous leurs points; l'évaporation doit avoir lieu par tous ces points aussi, et je me demande pourquoi il y aurait ébullition. Ici la vapeur n'est point obligée de traverser le liquide à l'endroit même où elle prend naissance, elle se dégage librement dans l'air qui la baigne. Aussi, messieurs, la température de la goutte caléfiée est toujours plus basse que celle du même liquide en ébullition. L'expérience faite devant vous par l'emploi de nos deux soudures vous en fournit la démonstration.

Vous me permettrez de répéter devant vous une autre expérience, qui conduit à ce même résultat, l'absence de contact entre le liquide et le métal. Je prends une capsule de cuivre percée de trous; je la porte au rouge, et j'y verse de l'eau : l'eau ne coule pas; elle est là, immobile, suspendue, sans passer à travers les orifices placés au-dessous d'elle.

De même une sphère d'argent chauffée au rouge blanc peut être impunément plongée dans l'eau froide. L'eau est repoussée autour d'elle; pendant quelques secondes, pas une bulle de vapeur ne se dégage; mais bientôt la température de la sphère décroît parce qu'elle rayonne de la chaleur, le coussin de vapeur interposé entre le liquide et le métal perd de plus en plus sa force de ressort; le contact s'établit, et alors se manifeste une ébullition des plus tumultueuses, accompagnée quelquefois d'une véritable explosion. Le même résultat est obtenu avec la capsule de platine employée tout à l'heure; il n'y a qu'à la laisser refroidir pour que le contact s'établisse et que l'ébullition ait lieu. L'expérience a montré que la température nécessaire pour que le liquide ne touche pas le métal a une limite qui est variable pour chaque liquide; elle est d'autant plus basse que le liquide est plus volatil. Il faut environ 150 degrés pour l'eau, et un peu moins de 100 degrés pour l'éther.

Que sera-ce donc si nous recourons à l'un de ces liquides qui n'entrent en ébullition qu'à une température bien inférieure à zéro : le protoxyde d'azote, par exemple, qui bout à 88 degrés au-dessous de zéro. Eh bien, messieurs, le principe reste vrai.

Le protoxyde d'azote est caléfié à la température ordinaire; vous le voyez, dans ce tube de verre, il ne bout pas, et sa température est inférieure à — 88 degrés. Nous y jetons du mercure, le mercure se congèle. Du reste, cette même congélation va être produite devant vous, quand nous verserons le protoxyde d'azote sur une capsule de métal incandescente.

Vous me permettrez, en outre, de profiter de ce liquide pour confirmer un des principes que j'établissais au commencement de cet entretien, le froid produit par l'évaporation. Le protoxyde d'azote est placé dans le vide; le froid est tel qu'il se solidifie. Vous remarquerez cette expansion subite donnant naissance à une masse blanche neigeuse.

Ces phénomènes de caléfaction nous permettent l'explication de quelques faits qui ont paru longtemps si mystérieux. On sait que dans le moyen âge quelques malheureux sont sortis intacts des épreuves légales par le feu qu'on leur faisait subir. Plus près de nous, des jongleurs marchent avec leurs pieds nus sur une plaque de tôle chauffée au rouge; ils lèchent une barre de fer portée au rouge blanc. Il n'y a là, messieurs, rien que de fort explicable.

Voici du plomb fondu; sa température est supérieure à 300 degrés. J'y plonge la main, et vous la voyez sortir intacte. Il a suffi de la petite quantité d'eau qui transsude à la surface de la peau, pour qu'il y ait caléfaction, et par suite absence de contact. La chaleur rayonnante envoyée par le métal était consommée pour l'évaporation du liquide, et je n'ai ressenti qu'un peu de fraîcheur.

Enfin, en partant des faits précédents, M. Boutigny a donné l'explication des explosions qui se produisent quelquefois dans les machines à vapeur. J'ai là une petite chaudière de cuivre, je la chauffe au rouge; j'y verse de l'eau qui se caléfie; je ferme la chaudière avec un bouchon : la vapeur se forme très-lentement, et le bouchon n'est point expulsé. Je supprime le feu, le métal se refroidit, le liquide touche; formation brusque de vapeur, explosion.

De même dans les chaudières à vapeur, il se forme des incrustations provenant des dépôts de matières salines que l'eau renferme. Cette matière incrustante et dure sépare le liquide du métal, et ce dernier peut rougir impunément. La couche incrustante, peu conductrice, ne lui transmet que la chaleur nécessaire à la vaporisa-

Digitized by Google

tion. Mais que, par une cause quelconque, cette couche solide se fendille, l'eau arrive subitement au contact du métal rouge, elle se caléfie; la vapeur formée est moins abondante; le mécanicien alimente avec de l'eau froide, la chaudière est refroidie; le contact a lieu, et l'explosion en est la fatale conséquence.

Je suis arrivé, messieurs, au terme de l'étude que j'avais entreprise; il me paraît clairement ressortir, de l'examen attentif que nous venons de faire, ce point important, que les phénomènes si variés de la conversion des liquides en vapeurs peuvent, dans l'état actuel de la science, se ramener à un principe unique, l'*évaporation*.

Le but que je me propose sera surtout atteint, si j'ai su vous montrer avec quelle habileté, avec quel génie même, les physiciens que j'ai nommés ont su mettre en œuvre les ressources de la méthode expérimentale pour arriver à la solution d'un problème qui est en réalité très-complexe.

Ed. Antelme, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

---

## UNIVERSITÉ DE NAPLES

## MÉTÉOROLOGIE (1).

### COURS DE M. PALMIERI.

### Électricité atmosphérique (suite et fin).

#### ÉLECTRICITÉ DE L'AIR A CIEL SEREIN.

A ciel serein, l'électricité est toujours positive. Il y a beaucoup d'observateurs qui admettent l'électricité négative à ciel serein, mais c'est une illusion. On a seulement de l'électricité négative lorsqu'il pleut, qu'il grêle ou qu'il neige à une certaine distance du lieu des observations, et cette distance peut même aller jusqu'à dix lieues dans le cas de grandes pluies.

J'avais remarqué aussi l'électricité négative à ciel serein, mais lorsque j'ai commencé mes observations sur l'observatoire vésuvien, d'où l'on découvre un vaste horizon à 637 mètres au-dessus du niveau de la mer, je me suis aperçu de l'illusion dans laquelle j'étais tombé.

L'électricité atmosphérique à ciel serein indique ordinairement une période diurne qui peut être facilement dérangée dans l'espace d'un jour, les vents variant de direction et d'intensité. Lorsqu'un vent chaud et humide est suivi par un vent froid, on a augmentation de tension, et généralement les tensions électriques croissent proportionnellement à l'humidité relative de l'air, avec cette différence que l'augmentation de tension électrique peut disparaître rapidement quand l'humidité reste. Les vents boréals qui succèdent aux vents humides, nous arrivant de la mer, donnent au commencement une augmentation d'électricité; mais, après avoir soufflé un peu, ils rendent chez nous l'air sec et très-faible en tension électrique. Les seuls jours dans lesquels on peut observer la période diurne de l'électricité atmosphérique sont les jours tranquilles et sereins, et alors on peut voir deux maxima de tension avant midi et deux après midi, avec les minima de tension correspondant entre deux maxima consécutifs; les heures varient souvent surtout selon les saisons. Ces maxima de tension électrique ne sont pas égaux, le dernier maximum vers le soir est ordinairement fort peu accusé ou très-sensible; il est très-sensible lorsqu'il tombe de la rosée, ou que le temps se dispose à se couvrir.

Un fort maximum de tension entre le coucher du soleil et minuit vous fait prévoir avec sûreté l'apparition de nuages dans la journée suivante, ou du moins un brouillard épais.

L'électricité atmosphérique à ciel serein est très-faible dans l'été et très-sensible à la fin de l'automne, surtout par le vent du sud-ouest. Pendant l'hiver, ce vent du sud-ouest apporte presque toujours des nuages pluvieux, et l'on n'a de ciel serein qu'avec les vents du nord, qui produisent ordinairement peu d'électricité dans l'air, sauf au moment de leur apparition. Les phénomènes sont presque les mêmes au printemps.

#### ÉLECTRICITÉ A CIEL COUVERT.

A ciel couvert, l'électricité est généralement moindre qu'à ciel serein. Elle est toujours positive, excepté le cas où il pleut, grêle ou neige à une certaine distance. Mais Beccaria avait remarqué que lorsqu'un nuage s'approche du zénith, l'électromètre indique presque toujours une diminution de tension électrique dans l'atmosphère, et moi-même j'ai eu l'occasion de vérifier ce fait.

J'ai eu mille fois l'occasion de faire des observations au milieu de nuages arrivant de la mer. Ces nuages sont si bas, qu'ils couvrent le Vésuve jusqu'au niveau de l'observatoire, et toujours j'ai obtenu de l'électricité positive en grande quantité, quand le sol et le toit de l'observatoire sont restés mouillés, comme par une pluie très-fine; au contraire, il y avait peu d'électricité lorsque les nuages se résolvaient en vapeurs invisibles et que le sol n'était pas mouillé. Ces nuages se perdaient sur les plaines de la Campanie, sans arriver même aux Apennins. Les nuages qui ne produisent ni pluie, ni grêle, ni neige dans l'horizon, ne possèdent pas d'électricité négative : c'est une erreur dont il faut se débarrasser. Les observateurs soigneux convenablement placés, qui opèrent avec de bons instruments, pourront se convaincre par eux-mêmes qu'on n'a jamais d'électricité négative, à moins qu'il ne tombe de la pluie, de la grêle ou de la neige à une certaine distance du lieu des observations. Après avoir fait pendant quatorze ans des recherches persévérantes à ce sujet, je crois avoir droit de vous convaincre de choses

(1) Voy. le n° 3 de la seconde année.

Digitized by Google

contraires à celles qu'on enseigne dans certains ouvrages même très-estimés.

*Comment l'électricité atmosphérique se manifeste pendant la pluie et les orages.* — Les plus fortes tensions qu'on obtient à ciel serein, surtout par le brouillard d'automne, ne surpassent dans aucun cas le soixantième degré de l'électromètre à deux fils, et ne se traduisent jamais en étincelles; les fortes tensions que produisent des décharges lumineuses sur les conducteurs isolants bien exposés correspondent toujours à la chute de la pluie, de la grêle ou de la neige, sur le lieu des observations ou à une certaine distance. Voilà pourquoi Franklin a obtenu pendant la pluie l'électricité qu'il avait inutilement cherchée dans les nuages sans pluie; et je suis sûr que lorsque Dalibard, Romas et Beccaria obtenaient de fortes étincelles par leurs conducteurs, il tombait à une certaine distance de la pluie ou de la neige en grande quantité, et le même phénomène devait se passer lorsque Richmann tomba victime de ses dangereuses expériences.

Seuls, les nuages, de quelque couleur et de quelque forme qu'on les suppose, ne donneront jamais des tensions capables de produire des étincelles. C'est seulement lorsqu'ils se résolvent en eau et en pluie qu'on a des dégagements d'électricité considérables, et capables de produire même la foudre; ce qui exige une rapide résolution de nuages en eau et neige, et par conséquent une rapide formation d'électricité, qui, ne pouvant se disperser par suite de l'humidité de l'air, se décharge sous forme de foudre. Les pluies moins fortes, avec l'air environnant plus humide, produisent quelquefois sur les conducteurs bien exposés de l'électricité avec étincelle, mais sans foudre.

Par les pluies accompagnées d'orage, l'électricité non-seulement acquiert une énorme tension, mais avec une confusion apparente elle est positive, négative ou nulle. C'est à ce sujet que j'ai découvert une loi très-simple, et qu'on peut ainsi formuler : *Où la pluie tombe, il se forme dans l'air de l'électricité positive avec une zone d'électricité négative alentour, et celle-ci est suivie par une autre zone d'électricité positive.*

Il est clair qu'entre une zone et l'autre, il y a un espace où la tension est nulle. La grandeur de cette zone dépend de l'intensité de la pluie. C'est pour cela qu'on a quelquefois de l'électricité négative à dix lieues de l'endroit où l'eau tombe, et quelquefois à peine à un kilomètre de distance. Ce que nous avons dit pour la pluie est vrai aussi pour la grêle et la neige. Cette loi, vérifiée par Quetelet, par le professeur Secchi et autres, est plus facile à observer au printemps et en été, lorsque, placés dans une position très-élevée et par un ciel serein, nous voyons s'élever à l'horizon une pluie qui s'avance avec le vent, passe sur le lieu des observations, et puis s'en va au loin. C'est alors que l'observateur trouvera les circonstances favorables pour étudier toutes les phases du phénomène : il commencera par obtenir une tension positive, puis une tension négative, et ensuite encore une tension positive. Lorsque la pluie arrivera sur le lieu des observations, il aura encore une fois de l'électricité négative, et enfin de nouveau de l'électricité positive.

Ces périodes varient suivant la grandeur des zones et la vitesse avec laquelle se propage la pluie. On voit par là que l'observateur peut quelquefois remarquer une seule de ces phases : ainsi, par exemple, si la pluie tombe à une certaine distance, et finit avant de s'être propagée jusqu'au lieu des observations, il sera possible d'observer la première période d'électricité positive et la première d'électricité négative. Si dans l'horizon, au lieu d'une pluie, il en tombe plusieurs en même temps; il est facile de comprendre les diverses phases qu'on pourra vérifier. Supposez qu'il tombe une grande pluie à une certaine distance, de manière que vous vous trouviez dans la période négative à son maximum de tension; s'il tombe en même temps sur le lieu des observations une pluie fine, vous aurez de l'électricité négative, tandis que vous devriez avoir de l'électricité positive. Voilà ce qui a semblé autoriser les savants à conclure qu'il existe des nuages chargés d'électricité négative. Il est important de faire attention que ces zones, non-seulement marchent avec le vent, mais aussi qu'elles varient de grandeur, avec l'intensité de la pluie ; elles varient aussi s'il arrive une décharge, et souvent dans le moment de l'éclair vous passerez instantanément d'une phase à une autre.

Les lois qui règlent les indications électriques de la pluie s'appliquent de même pour les orages, et elles sont même moins variables, parce que dans l'orage on a une seule pluie avec grêle qui subit moins l'influence de la direction du vent. Ce qui distingue un orage, c'est la rapide condensation des vapeurs qui se transforment en eau ou en glace, et l'extrême sécheresse relative de l'air environnant avec une formation d'électricité plus considérable et une moindre facilité de dispersion, et par conséquent une plus ou moins grande fréquence de décharges.

Si vous tenez le conducteur élevé pour quelque temps et en communication avec l'électroscope de Böhenberger, à chaque éclair vous verrez une oscillation instantanée sur la feuille d'or indiquant quelquefois augmentation de tension et souvent électricité de nom contraire. De cette manière, sans voir les éclairs et sans entendre le bruit de tonnerre, les petites oscillations de la feuille d'or pourront vous indiquer l'existence d'un orage assez peu éloigné de vous. Les décharges électriques, c'est-à-dire la foudre, ne pourront avoir lieu que dans les limites des zones décrites ci-dessus ; dans toute autre circonstance elles sont impossibles. Les éclairs indiquent nécessairement l'orage et font supposer, avec la même nécessité, le tonnerre, la pluie et la grêle. J'ai plusieurs fois vérifié, au moyen du télégraphe électrique, que les éclairs appelés de chaleur correspondaient à un orage éclatant à une certaine distance.

Les plus grands intervalles que j'aie notés entre l'éclair et le tonnerre ont été de 65 secondes. Si la distance est

Digitized by Google

de 22 kilomètres à peu près, l'espace de temps sera plus long. Dans ce cas, on voit l'éclair, mais on n'entend pas le tonnerre. Seulement, dans les grandes éruptions du Vésuve, on voit partir de la fumée des petites foudres, sans qu'il y ait de pluie pour cela ; mais s'il ne tombe pas en même temps une grande quantité de cendres, la fumée donnera des signes d'électricité positive, sans qu'on voie les petites foudres. Les cendres, en tombant, portent de l'électricité négative, et produisent derrière elles et dans la fumée de l'électricité positive : alors la tension existante devient plus forte, et il y a production de la foudre. Si d'un vase métallique et isolé vous faites tomber de la limaille de fer ou du plomb de chasse, vous verrez le vase s'électriser positivement ; voilà pourquoi la fumée du Vésuve résultant de la rapide condensation de la vapeur d'eau qui sort du cratère, indique toujours une tension électrique considérable, qui est capable de produire la foudre lorsque cette vapeur est mêlée à une grande quantité de cendres et de pierres qui retombent autour du cratère.

Il est temps maintenant de vous expliquer l'origine de l'électricité atmosphérique.

Les vents, la végétation des plantes, les actions chimiques, les changements de température et l'évaporation de l'eau à la surface de la terre, furent successivement donnés comme des causes de production d'électricité dans l'air, et toutes ces causes furent combattues. Je n'examinerai point toutes ces hypothèses, qui s'évanouissent devant la découverte de la véritable origine de l'électricité météorique. Il résulte des observations et des expériences, que cette électricité provient de la condensation de la vapeur d'eau. Toutes les observations démontrent, en effet, que l'électricité de l'air croît avec l'humidité relative, et arrive à son maximum, pour devenir étincelante lorsque les vapeurs se résolvent en pluie, grêle ou neige. Cela explique pourquoi elle est assez faible dans l'été, et comment elle croît tout à coup à l'approche des orages. Je vous ai fait voir des expériences qui prouvent distinctement cette vérité. La vapeur d'eau qui s'élève d'un vase métallique non isolé doit être recueillie sur un condensateur de platine, couvert extérieurement par un vernis sur lequel on peut appliquer de la neige; on fait communiquer ce condensateur de platine avec le plateau inférieur d'un électromètre très-sensible ou condensateur à piles sèches. J'ai toujours vu se manifester l'électricité positive. Après cette expérience, j'ai voulu opérer l'évaporation, de manière à exclure les actions chimiques et le frottement de la vapeur contre les parois du vase de platine. L'ébullition ordinaire de l'eau ne pouvait pas donner des résultats sûrs, par des raisons que tout le monde peut comprendre, et qu'on trouve expliquées dans le mémoire que j'ai envoyé à l'Académie des sciences. Voilà pourquoi j'ai concentré, au moyen d'une grosse loupe, les rayons du soleil sur la surface de l'eau contenue dans une coupe de platine ; cette coupe était mise en communication avec le plateau inférieur de l'électroscope condensateur. J'ai obtenu ains une ébullition limitée à la surface, et le vase avec le liquide indiquait l'électricité négative.

Vous voyez donc que les vapeurs qui s'élèvent lentement de la surface de la terre n'ont pas une tension électrique sensible, mais cette électricité se manifeste par leur condensation ; ainsi elle croît avec l'humidité relative de l'air, et atteint le maximum lorsque les nuages se résolvent en eau ou en neige.

Les nuages, dans la période de leur formation et de leur condensation, doivent indiquer des tensions électriques plus ou moins fortes ; mais ils ne donneront jamais lieu aux phénomènes de la foudre, pas plus que les conducteurs isolés exposés à leur influence et à ceux de l'étincelle. Les tensions extraordinaires qui produisent la foudre et l'étincelle ne correspondent pas du tout aux nuages appelés orageux, mais seulement aux nuages qui se résolvent en pluie ou en grêle. Ces nuages font sentir leur influence à des distances plus ou moins considérables ; et comme les nuages qui se résolvent en pluie ou en grêle prennent une teinte foncée et cendrée, il arrive qu'à une certaine distance de ces nuages, on doit, conformément à la loi ci-dessus établie, trouver beaucoup d'électricité négative. De là M. Peltier a conclu que par la couleur des nuages, on peut reconnaître la nature de l'électricité qu'ils portent. Mais si l'électricité atmosphérique est très-faible en été, comment se fait-il que les pluies de cette saison sont presque toujours orageuses? Si les nuages étaient obligés d'emprunter leur électricité à l'air, comme on l'a supposé, cette difficulté ne serait pas facile à résoudre ; mais le dégagement d'électricité venant de la condensation de la vapeur, lorsque cette condensation est rapide, les tensions électriques doivent être nécessairement plus fortes. Pour que la foudre se produise, il faut non-seulement une condensation rapide des nuages en eau, mais aussi une très-faible capacité de l'atmosphère à disperser les fortes tensions électriques produites par la rapide réduction des nuages en pluie, grêle ou neige.

Tout le monde sait que les pluies d'été présentent toutes les conditions favorables pour ces phénomènes : 1° Parce que, par suite d'un refroidissement produit dans un air également saturé et à des températures très-diverses, il se précipite plus de vapeur là où la température était le plus élevée ; 2° parce que les pluies d'été se forment dans des régions très-limitées entourées d'un ciel serein et relativement sec; au contraire, les pluies d'hiver tombent des nuages ayant une grande extension et entourés par une atmosphère humide ; 3° enfin, parce que les pluies d'été nous arrivent quand un vent froid succède à un vent humide et chaud.

Après cela, je devrais vous parler de certains phénomènes relatifs à l'électricité atmosphérique, mais cette question sera traitée dans une autre leçon.

Traduit sur le texte italien de
PALMIERI.

Digitized by Google

## FACULTÉ DE MÉDECINE.

## HISTOLOGIE (1).

COURS DE M. CH. ROBIN.

### III.

**Lois de la texture, de la vascularité et de l'adhésion.**

Nous avons dit que les caractères histologiques d'ordre organique pouvaient être rapportés à quatre chefs ; 1° la composition; 2° la texture; 3° la vascularité; 4° le mode d'adhésion des éléments.

La dernière leçon a été consacrée à l'étude des lois de la composition. Nous nous occuperons en celle-ci des lois de la texture et de la vascularité.

Les lois de la texture sont simples et assez remarquables.

Disons d'abord qu'elles confirment la classification naturelle des tissus par leur concordance avec les lois de la composition. Cette concordance est importante à considérer dans l'étude des produits morbides.

Les tissus qui ne renferment qu'une seule espèce d'éléments anatomiques offrent une texture des plus simples. Les éléments y sont simplement juxtaposés, ou légèrement imbriqués lorsqu'ils sont lamelleux comme les épithéliums de la peau.

Les éléments ayant la forme de fibres, comme, par exemple, les fibres du cristallin, sont disposés parallèlement les uns aux autres, et groupés en faisceaux concentriques.

Les tissus constituants ou proprement dits, c'est-à-dire les tissus dans la composition desquels entrent plusieurs espèces d'éléments anatomiques, offrent des particularités assez curieuses. La texture diffère selon que l'élément anatomique affecte la forme de fibres, de tubes, de cellules ou de substance homogène creusée de cavités.

Les fibres sont tantôt rangées parallèlement, tantôt enchevêtrées dans toutes les directions. Dans les tissus constituants qui ont un élément fondamental, la distribution des éléments accessoires est subordonnée à la distribution de l'élément fondamental; que les éléments accessoires soient des capillaires, des noyaux embryoplastiques, etc.

Lorsque les fibres ont une disposition parallèle et longitudinale comme dans le tissu musculaire, les éléments accessoires sont disposés entre les fibres fondamentales.

Si l'élément fondamental a la forme de cellules, comme dans le tissu adipeux, ou dans le tissu de la moelle des os, les éléments accessoires sont disposés çà et là entre les cellules, qui sont seulement groupées par contiguïté irrégulière.

Les capillaires sont toujours des éléments accessoires, et quant à la constitution, et quant aux propriétés du tissu. Physiologiquement, ils ne jouent dans ce dernier qu'un rôle mécanique; ils ne font qu'y apporter les matériaux nécessaires à la rénovation moléculaire continue; anatomiquement, la forme des mailles capillaires est sous la dépendance de la disposition des éléments fondamentaux. Ces derniers sont-ils fibrillaires et parallèliques, les mailles sont longitudinales; sont-ils cellulaires et de disposition irrégulière, les mailles seront de dimensions à peu près égales en tous sens. Dans les tissus parenchymateux, les éléments constituent une trame formée de fibres lamineuses, de noyaux embryoplastiques, de cellules adipeuses, de vaisseaux capillaires, etc., trame interposée aux tubes sécréteurs et aux vésicules closes. A la face interne de ces tubes sécréteurs, se trouve une variété d'épithéliums particulière pour chacun d'eux.

La richesse des tissus en vaisseaux varie d'un tissu à l'autre, et il importe de déterminer les lois de la vascularité des tissus.

La richesse vasculaire se mesure en comparant le diamètre des mailles circonscrites au diamètre des capillaires qui les circonscrivent. Plus un vaisseau est volumineux plus les mailles sont larges, plus les vaisseaux sont étroits et plus les mailles anatomiques le sont.

Cette loi n'est sujette à exception que pour la superficie des culs-de-sac pulmonaires et des muqueuses à villosités, ce qui tient à certaines particularités de structure sur lesquelles j'insisterai ultérieurement.

Il importe de ne pas se faire illusion sur le rôle essentiel joué par les vaisseaux dans les tissus. Les vaisseaux ne sont pour rien, absolument pour rien dans les propriétés fondamentales de ces tissus. On a cru longtemps le contraire, mais il est évident que la contractilité dans les muscles, l'innervation dans la substance grise, ne peuvent dépendre du mode de disposition et de fonction des capillaires. Tout homme ayant la vue exacte et l'intelligence scientifique de l'anatomie générale, refusera certainement d'admettre qu'en transportant l'artère rénale dans le testicule, on lui ferait sécréter de la bile.

Nous venons aux lois d'adhérence et de connexion des éléments anatomiques dans les tissus. Les éléments se tiennent les uns les autres, soit latéralement, surtout lorsqu'ils ont la forme de fibres, soit par leurs extrémités. Les fibres musculaires et les tendineuses sont dans le premier cas, mais cette adhésion longitudinale est habituellement faible. Dans le cas où elle est intime et énergique comme dans les fibres des disques articulaires vertébraux, comme dans certaines capsules articulaires et tumeurs, l'effet tient à l'interposition d'une substance amorphe accessoire.

Cette interposition, qui accroît l'adhérence, s'observe encore dans les ganglions nerveux périphériques du grand sympathique et dans les ganglions spinaux. Il y a des animaux chez lesquels les cellules ganglionnaires que j'ai décrites ne sont pas très-adhérentes les unes aux autres, parce qu'elles sont simplement juxtaposées,

(1) Voy. le n° 51 de notre première année, p. 749, et le n° 2 de la seconde.

Digitized by Google

comme les cellules du tissu adipeux et les cellules médullaires. Chez d'autres animaux, chez les mammifères, par exemple, ces cellules ganglionnaires présentent entre elles une grande adhérence, due à l'interposition entre ces cellules d'une substance homogène très-tenace, et plus ou moins granuleuse, selon la période de l'évolution de l'individu. Mais ce fait est encore plus caractéristique dans le tissu des disques interarticulaires des vertèbres, dans certaines tumeurs fibreuses et dans le tissu des capsules articulaires.

Quand la substance amorphe n'existe pas, les éléments anatomiques adhèrent très-peu entre eux, sont simplement contigus et très-faciles à séparer, comme cela arrive dans le tissu tendineux, dans le tissu fibreux proprement dit du périoste et des aponévroses, dans le tissu musculaire, dans les tubes nerveux, etc.

Dans l'épiderme, l'adhésion très-prononcée des cellules imbriquées tient à l'état de sécheresse des éléments anatomiques, et aussi à ce fait qu'ils ne sont pas nés séparément, mais qu'ils résultent de la segmentation d'une substance primitivement homogène. Dans l'épithélium de la muqueuse intestinale et dans celui de la trachée, au contraire, il y a toujours une petite quantité de liquide interposé aux cellules.

Quant au mode de connexion des éléments anatomiques, bout à bout, il diffère du précédent. La connexion de ce genre est habituellement très-énergique et très-intime, à tel point que plusieurs auteurs croient encore que les fibres tendineuses adhèrent aux fibres contractiles musculaires, de manière à se confondre avec ces dernières. D'autres admettent que les fibres des tendons et des ligaments se continuent avec les prétendues fibres osseuses qu'on a admises pendant très-longtemps.

Il n'en est rien. Là où commence la substance osseuse, cessent les fibres tendineuses, et *vice versâ*. Au point où cesse le myolemme qui entoure les fibres musculaires, commencent les fibres tendineuses qui se trouvent en connexion immédiate bout à bout avec le myolemme. L'adhésion a lieu par suite d'une contiguïté molécule à molécule, de parties qui nous paraissent anguleuses, avec des parties recouvertes de dépressions qui correspondent aux éminences des premières. Il n'y a rien d'interposé entre ces deux sortes d'éléments. Ils se sont développés solidairement, molécule à molécule, et il n'y a jamais eu de séparation entre le tendon et l'apophyse osseuse. Cette dernière présente des rugosités qui coïncident exactement avec les faisceaux tendineux. Il n'y a pas là d'autre contiguïté que celle qui existe entre deux glaces parfaitement polies, qui glissent l'une sur l'autre, et qu'on ne peut plus séparer qu'en brisant les deux surfaces.

En étudiant les divers tissus, nous aurons d'ailleurs à insister sur d'autres particularités d'adhésion.

Je dois maintenant signaler quelques faits relatifs aux propriétés physiologiques des tissus. J'ai dit déjà que les éléments anatomiques emportent avec eux dans les tissus beaucoup des propriétés dont ils jouissent. Parmi ces propriétés, il faut citer particulièrement les propriétés végétatives de naissance, de développement et de nutrition. Ces propriétés se retrouvent dans les tissus et les parenchymes, telles qu'on les observe dans les éléments, mais modifiées par la texture, l'arrangement réciproque, et par la présence d'éléments anatomiques accessoires, dont il importe de tenir compte.

Relativement au mode d'apparition des tissus, j'observerai d'abord qu'il est inexact de dire la naissance d'un tissu. Les éléments anatomiques naissent, et le tissu apparaît lorsque ces éléments sont en nombre suffisant pour que la masse devienne perceptible à l'œil nu. Les éléments ne naissent pas un à un, ils apparaissent par groupes multiples. Ainsi, lorsque se montre un faisceau musculaire strié le long et de chaque côté de la colonne vertébrale, dans des embryons de 6 à 7 millimètres de long, d'autres faisceaux musculaires se montrent en même temps, ainsi que plusieurs noyaux embryoplastiques.

Certains tissus apparaissent au milieu d'éléments anatomiques qui, plus tard, deviendront des éléments accessoires dans ces tissus. Ainsi, par exemple, les fibres élastiques des ligaments jaunes, qui plus tard formeront des ligaments parfaitement déterminés, apparaissent toujours au sein de faisceaux de fibres lamineuses; puis, graduellement, ces fibres lamineuses qui unissent les axes vertébraux cartilagineux, finissent par n'être plus qu'un élément accessoire, à côté du tissu jaune élastique. La même particularité se constate pour le tissu musculaire qui, chez l'embryon, apparaît au sein de masses de noyaux embryoplastiques, qui forment les lames dorsales et les lames ventrales. Ces noyaux embryoplastiques, qui étaient l'élément fondamental de ces lames, les faisceaux musculaires prédominent bientôt sur eux, et ils descendent à l'état d'éléments accessoires. Car ces éléments embryoplastiques ne s'atrophient pas : on les retrouve entre les faisceaux musculaires; seulement, ce sont les faisceaux musculaires qui sont devenus graduellement et rapidement plus nombreux.

Il y a des tissus qui apparaissent d'une autre manière : ainsi, par exemple, en ce qui concerne les tissus cartilagineux, osseux, nerveux, on voit d'abord apparaître, en certaine masse, l'élément fondamental, cartilagineux, osseux ou nerveux, et ce n'est que postérieurement à l'apparition d'un grand nombre d'éléments osseux formant le noyau d'un corps vertébral, ou un rudiment soit de tibia, soit de fémur, que postérieurement à l'apparition d'un grand nombre d'éléments nerveux formant un rudiment de cordon nerveux, que se développent les vaisseaux capillaires. Ce n'est aussi que postérieurement à cette apparition que se développent les médullocelles dans la moelle des os. De la même manière, les noyaux osseux apparaissent avant qu'il y ait de vaisseaux capillaires dans les vertèbres, la clavicule, etc.

Il en est de même pour les premières traces d'apparition du maxillaire inférieur qui se développe sans cartilages préexistants, et ce n'est qu'après l'apparition du

Digitized by Google

tissu osseux que se montrent les vaisseaux capillaires, par suite de la résorption d'une partie de ce tissu.

Les parenchymes ont un mode de production analogue à celui qui vient d'être signalé. On voit naître simultanément la paroi propre du cul-de-sac glandulaire et l'épithélium qui le tapisse. Les conduits excréteurs ne se développent que beaucoup plus tard. Aussi, on trouve certains culs-de-sac glandulaires, comme les follicules sudoripares, adhérant à la face profonde du derme, avant la perforation de celui-ci. Ce n'est que plus tard que le canal excréteur viendra s'interposer entre le derme et ces culs-de-sac.

Le développement du canal excréteur est donc notablement postérieur à l'apparition du cul-de-sac glandulaire. Nous verrons qu'il y a une concordance entre cette différence de développement et la différence des fonctions physiologiques du cul-de-sac et du canal excréteur, le cul-de-sac concourant à la sécrétion elle-même, et le canal excréteur ne jouant qu'un rôle mécanique.

Ce n'est point du tout par un bourgeonnement de la face profonde de la peau, ni par un renversement de cette membrane, que naissent les glandes. Et les glandes ne sont pas plus un renversement des muqueuses, que les muqueuses ne sont un épanouissement des glandes. Chacun de ces organes a son rôle et sa texture propres, une action physiologique distincte. — Fernand Papillon.

## BULLETIN DES COURS.

### COURS DE PATHOLOGIE ET DE THÉRAPEUTIQUE GÉNÉRALE. (M. AXENFELD, agrégé, suppléant M. le professeur ANDRAL.)

I. 7 NOVEMBRE 1864. — Hommage à M. Andral; ses remplaçants. Liberté de la libre discussion; vanité des dogmes dans les sciences.

Objet du cours : La *thérapeutique générale*. De la science et de l'art en médecine. Le progrès consiste à faire absorber l'art par la science. *Empirisme raisonné*. — État relativement peu avancé de la thérapeutique; causes de son infériorité : difficultés de l'observation en thérapeutique; prédilection pour les études d'anatomie pathologique et de physiologie expérimentale; influence de ces parties de la science médicale sur la médecine pratique.

Plan du cours : 1° de la maladie envisagée au point de vue thérapeutique; — 2° des remèdes en général (hygiéniques et pharmaceutiques); — 3° du malade; — 4° des indications; — 5° des médications; — 6° du médecin.

II. 9 NOVEMBRE. — Coup d'œil historique. Du mysticisme thérapeutique aux diverses époques de l'histoire. — Empirisme et dogmatisme.

*Empirisme préscientifique*.

*Doctrines empiriques*. Philenus et Serapion. Leurs principes d'observation pathologique (*histoire, autopsie, substitution*); rejet de l'anatomie et de la physiologie; rejet de l'ostéologie et des indications. Le traitement dirigé contre le symptôme ou le syndrome. — Introduction de quelques médicaments actifs, mais aussi d'une polypharmacie incohérente.

Appréciation générale de l'empirisme. Ses mérites; ses fautes.

III. 11 NOVEMBRE. — Autres essais d'empirisme. De l'homœopathie. Malgré ses prétentions dogmatiques (*similia similibus*), la médecine hahnemannienne est essentiellement empirique : rejet de l'anatomie, de la physiologie, de la pathologie presque entière; traitement du symptôme ou du syndrome. Des doses infinitésimales. De l'expérimentation sur l'homme sain. Effets attribués à quelques remèdes homœopathiques. — Les insufficientistes et les isopathes. — Expériences faites dans les hôpitaux (M. Trousseau, M. Andral, etc.). — Appréciation générale de la doctrine et des faits.

IV. 14 NOVEMBRE. — Du *dogmatisme* et de ses formes diverses. Dogmatisme physico-chimique et dogmatisme vitaliste.

Doctrines chimiques (chimiatrie) : 1° *D'Hippocrate à Paracelse*. — Les quatre éléments et les quatre humeurs; les intempéries, crudité, coction, crises. — Progrès de la théorie humorale : les onze acrimonies de Paraxagore admises par Hérophile, etc. — Galien éclectique, mais surtout humoriste : sa manière de concevoir les dyscrasies; sa pyrétologie; sa thérapeutique. — Long règne du galénisme (Arabes, arabistes), stérile pour la thérapeutique, non sans utilité pour la pharmacologie.

2° *De Paracelse à Lavoisier*. — Éléments mystiques, empiriques et dogmatiques du paracelsisme; du rôle que joue la chimie (sel, soufre, mercure, reproduisant à peu près les éléments d'Empédocle) dans la pathogénie et la thérapeutique du réformateur. — Des signatures. — Des arcanes. Valeur réelle de la doctrine confuse de Paracelse : elle rompt avec la tradition; elle conduit à quelques résultats positifs (médicaments minéraux; spécificité).

V. 16 NOVEMBRE. — Suite des doctrines chimiques : *Van Helmont*. Étiologie; idées de la pathogénie; principes de pharmaco-dynamique : spécifiques, arcanes. (Origines de l'homœopathie.) Van Helmont peu praticien.

*Sylvius*, créateur de la chimiatrie proprement dite. Acidité, alcalinité, fermentations, vapeurs. Thérapeutique neutralisante, excitante, dépurative. — Succès de la chimiatrie; ses partisans. Willis. Querelles au sujet de l'émétique (Riolan, Guy Patin); défaite de l'École de Paris.

Des traces du chimisme même chez les adversaires de la doctrine : Sydenham, Boerhaave (sept espèces d'acrimonies), Hoffmann, Stahl, Cullen.

3° *De Lavoisier jusqu'à nous*. — Chimie inorganique : Fourcroy, Baumes, Girtanner, Jæger, Beddoes. — Chimie organique : Lehmann, Liebig, Mialhe, Poggiale, etc.

Appréciation générale : 1° des services rendus par la chimie à la médecine; 2° de l'influence exercée par le chimisme essayant de se substituer à la science propre des êtres vivants.

VI. 18 NOVEMBRE. — Suite des doctrines physico-chimiques : Écoles *iatrophysiques, iatromécaniques* et *mathématiques*.

*Doctrine corpusculaire* antique, dont on trouve la trace dans Hippocrate.

*Doctrine pneumatique* (pneuma *psychicon* et pneuma *zoticon* d'Érasistrate, analogues aux âmes de première et de seconde majesté du professeur Lordat). Le pneuma se confond avec l'air vital, avec la chaleur innée (Athénée); théories mécaniques en physiologie et en pathologie. Thérapeutique en désaccord avec ces théories.

*Doctrine méthodique* (Asclépiade, Thémison, Thessalus); ses relations avec la théorie corpusculaire. Exposé sommaire de la médecine dichotomique des méthodistes. Thérapeutisme : importance accordée au régime, aux exercices; innovations (hydrothérapie, trachéotomie).

*Iatromécanisme* du XVII^e siècle. Prodigieuse activité des esprits. Santoro, Borelli, Malpighi, Bellini, Baglivi, Boerhaave; Fr. Hoffmann (résumé de la pathologie et de la thérapeutique de ce médecin). Divorce de la théorie avec la pratique de la médecine.

*Iatrophysiciens* de nos jours : Brandisi, Marcus, Proschaska, Autenrieth, Treviranus.

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 5. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 31 DÉCEMBRE 1864.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, | 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — | 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences. — Communications de M. H. Sainte-Claire Deville.**

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine.** — Cours de **M. Claude Bernard** : Discours d'ouverture. La médecine expérimentale et la médecine d'observation.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE. — **Chimie générale.** — Conférences de **M. H. Sainte-Claire Deville** : Les densités de vapeur.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Embryogénie comparée.** — Cours de **M. Coste** : XI (fin).

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — Conférence de **M. Payen** : L'éclairage au gaz.

Paris, 30 décembre 1864.

Dans la séance de lundi dernier, l'Académie des sciences a reçu un travail de M. Gerbe, aide-naturaliste au Collége de France, présenté par M. Coste. Ce travail est relatif à l'embryogénie comparée des crustacés, que M. Gerbe a étudiée dans le laboratoire de Concarneau, où sont élevées les espèces les plus importantes, et l'auteur y a joint des planches exécutées par lui-même, représentant les principaux appareils organiques de ces animaux.

M. Mathieu a offert à l'Académie l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour l'année prochaine. Parmi les pièces contenues dans ce volume, nous signalerons un acte du parlement anglais, autorisant l'usage du système métrique en Angleterre, et suivi d'un tableau de conversion des mesures métriques en mesures anglaises.

M. Daubrée a présenté un aérolithe très-remarquable, tombé il y a déjà longtemps, et donné tout récemment au Muséum d'histoire naturelle. C'est l'échantillon de ce genre le plus considérable que possèdent les collections géologiques du Jardin des plantes, et M. Daubrée a profité de l'occasion qui lui était offerte pour présenter à l'Académie le catalogue de ces collections.

Enfin, M. H. Sainte-Claire Deville a présenté une note sur les densités de vapeur et le lieu où s'opère la fécondation de l'ammoniaque, que nous croyons devoir reproduire intégralement.

Outre l'intérêt qu'elle présente en elle-même, cette note a l'avantage de se relier étroitement aux faits exposés par M. H. Sainte-Claire Deville dans la conférence de la Société chimique que nous reproduisons plus loin.

ÉMILE ALGLAVE.

Voici le texte de la communication de M. H. Sainte-Claire Deville :

« J'ai fait voir que l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque gazeuse mis en contact à la température de 360 degrés dégagent de la chaleur, et que, par suite, ces gaz se combinent à une température où la densité de vapeur du sel ammoniac assigne à ce corps 8 volumes pour l'équivalent.

» M. Wanklyn et Robinson ont objecté aux conclusions que j'ai tirées de cette expérience que les gaz dont je m'étais servi, étant introduits dans mes appareils à la température ordinaire, la chaleur dégagée dans ces conditions était telle, que le point de décomposition du sel ammoniac pouvait être dépassé. La réponse à cette objection était facile; elle a été développée dans les belles *Leçons* de M. Wurtz, auxquelles je renvoie.

» Cependant je tenais à recommencer mes déterminations dans des conditions telles, que les gaz, avant leur combinaison, fussent échauffés à la température de 360 degrés, et que toute incertitude fût dissipée en ne faisant intervenir que l'expérience dans la discussion. Voici comment j'opère.

» Un petit ballon de verre soufflé de 100 à 200 centimètres cubes de capacité est entouré de deux tubes de verre de plus de 2 mètres de longueur, contournés en hélice, de manière à n'occuper auprès du ballon qu'un très-petit espace. Ces tubes, qui dépassent en haut le col



Digitized by Google

du ballon, sont soudés à la partie inférieure de celui-ci au moyen de la lampe d'émailleur (1). Tout le système est plongé dans un vase cylindrique de fer (bouteille à mercure coupée) dans lequel circule la vapeur du mercure bouillant, et qui est ainsi maintenu à une température constante de 360 degrés. L'un des serpentins est constamment parcouru par de l'acide chlorhydrique sec, dont le débit est de 20 à 25 litres par heure et sans pression; le ballon est donc lui-même constamment plein de cet acide à la température de 360 degrés. Un thermomètre à air d'un très-faible poids indique les variations de la température. Quand celle-ci est devenue constante, on introduit dans le ballon, par le second serpentin, un courant d'ammoniaque sèche ayant la même vitesse et acquérant la même température que l'acide chlorhydrique, et l'on voit immédiatement le thermomètre indiquer une élévation de température telle, qu'aucun doute ne peut rester dans l'esprit de l'observateur.

» Si l'on interrompt et rétablit le courant d'ammoniaque, on voit successivement la température diminuer et augmenter; mais le phénomène perd très-rapidement de sa netteté, parce que les deux serpentins s'emplissent très-vite de sel ammoniac condensé dans leurs parties froides, du moment que les deux gaz ne sont pas en mouvement.

» Le thermomètre à air dont je me suis servi était ainsi construit. Un petit réservoir cylindrique de verre très-mince, ayant pour hauteur le diamètre du ballon, a été soudé à un petit tube capillaire soudé lui-même à un manomètre à section presque capillaire, et rempli d'acide sulfurique concentré. Une petite tubulure fermée, en étirant un peu au-dessus du manomètre la surface du tube capillaire, permettait de mettre l'intérieur du réservoir thermométrique en communication avec l'air extérieur. Quand on supposait la température invariablement fixée dans le ballon soumis à l'action de la vapeur mercurielle, on interrompait cette communication en fondant au chalumeau la pointe du tube étiré. On notait alors le niveau de l'acide sulfurique, et l'on pouvait constater qu'au moment où l'ammoniaque était introduite dans le ballon, ce niveau commençait à se déplacer et atteignait une hauteur verticale de plusieurs centimètres en 2 ou 3 minutes environ.

» M. Pébal, le savant professeur de Lemberg, qui assistait à cette expérience, me fit remarquer avec une grande justesse que la quantité de chaleur développée dans ces circonstances n'est même pas la quantité totale de chaleur que l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque pourraient produire en se combinant entièrement; car la tension de dissociation du chlorhydrate d'ammoniaque à cette température est déjà fort sensible, comme cela résulte de l'expérience très-belle et très-concluante qui lui est due.

» M. Than a récemment publié les observations qu'il a faites au moyen d'un appareil très-élégamment combiné et qui paraissait devoir résoudre la question d'une manière péremptoire. Il emploie un tube plein d'ammoniaque gazeuse, chauffé par le rayonnement d'un fourneau et plongé par sa partie inférieure dans une cuve à mercure. Un autre tube concentrique plein d'acide chlorhydrique à la même température, à la même pression et de même volume (conditions remplies avec précision par une disposition fort ingénieuse), est placé dans le premier appareil. Quand on brise le tube à acide chlorhydrique, on n'aperçoit aucun changement de volume, par conséquent aucune dépression du mercure, et M. Than en conclut qu'il n'y a pas de dégagement de chaleur au moment où l'ammoniaque et l'acide chlorhydrique se combinent dans une atmosphère portée à 350 degrés environ.

» Cet appareil, tout ingénieux qu'il est, me semble pécher en plusieurs points essentiels. D'abord, la fixité de la température intérieure est indispensable et cependant bien difficile à obtenir et à apprécier (2). Les variations de volume du gaz dues à la vaporisation du mercure porté à une température très-voisine de son point d'ébullition ne peuvent être, par suite, complétement évitées. La masse des gaz, par rapport à la masse des deux enveloppes de verre intérieure et extérieure est tellement petite, que toute la chaleur, qui ne peut être que faible, est immédiatement absorbée par les parois. Enfin, la différence de densité des deux gaz, qui est considérable (dans le rapport de 1 à 2,7), leur permet sans doute de rester longtemps séparés dans le tube avant que la combinaison, dont l'énergie d'ailleurs est si petite, s'effectue entièrement. Du moment que cette combinaison n'est pas subite, elle ne peut donner lieu à aucun effet thermométrique sensible.

(1) L'appareil que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie a été fabriqué avec une grande habileté par M. Alvergniat.

(2) Ce tube peut être assimilé à un thermomètre à air réduit à son réservoir. C'est donc un instrument fort peu sensible, surtout quand la hauteur mercurielle n'y est pas constante, et en variant diminue l'effet directement mesurable de la dilatation.

» C'est pour cela que j'ai soin de donner à mes vases une masse très-faible, à mes courants gazeux un débit considérable (mais sans pression), et de mélanger ces gaz dans mes appareils par suite du mouvement qui les transporte l'un vers l'autre, afin d'obtenir un accroissement sensible de température. La valeur observée, même dans ces conditions, est peut-être très-petite par rapport à celle que l'on obtiendrait si les parois des ballons et des réservoirs n'avaient pas de masse sensible, et si la vapeur de mercure qui se renouvelle sur leur surface n'était réellement pas une cause de refroidissement considérable pour les gaz qui se combinent dans leur intérieur. On comprend les difficultés qui compliquent de pareilles expériences. J'espère, sans trop y compter, les avoir résolues rigoureusement.

» Je publie ces faits comme je les ai observés, sans idées préconçues. Mes lecteurs voudront bien admettre pourtant que, depuis près de dix années que j'ai consacrées à des travaux relatifs à la chaleur, je me suis fait moi-même une théorie pour les coordonner et les expliquer. Cette théorie, tout imparfaite qu'elle est, et mes travaux sur la dissociation, me portaient naturellement à croire que les corps qui représentent 8 volumes sont réellement décomposés au moment où l'on prend leur densité de vapeur. Mais des faits incontestables, et que j'ai déjà publiés, m'ont rendu plus prudent dans mes conclusions; d'autres, plus hardis, n'ont pas hésité. Je désire sincèrement qu'ils aient raison: mais je demande qu'ils le prouvent, et alors je me rallierai volontiers à leur opinion.

» Ainsi mon savant ami M. Wurtz, pour écarter les conséquences des faits relatifs au chlorhydrate d'ammoniaque, suppose que deux gaz comme l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque pourraient, par leur contact, fournir de la chaleur sans que pour cela on fût obligé d'admettre qu'ils se sont combinés. Il cite à l'appui de son opinion des expériences de M. Favre, qui prouvent qu'on peut presque indéfiniment ajouter de l'eau à de l'acide sulfurique étendu, sans qu'il cesse de se produire de la chaleur, et il ajoute qu'on ne peut admettre des combinaisons en proportions indéfinies entre l'acide sulfurique et l'eau. Il est tenté de voir là un phénomène d'un ordre nouveau différent de la véritable combinaison, et auquel il compare l'union de l'acide chlorhydrique et de l'ammoniaque avec dégagement de chaleur. Mais l'échauffement qu'éprouvent en s'effectuant les mélanges d'eau et d'acide sulfurique est une conséquence nécessaire du changement de leurs densités ou de la contraction. On voit même, par les expériences que j'ai publiées sur ce sujet, si l'on calcule la température correspondant à cette contraction en fonction de la densité, de la chaleur spécifique et du coefficient de dilatation de ces mélanges, qu'il y a dans l'accomplissement du phénomène perte de force vive, qui est une fraction notable de la force vive totale.

» Nous ne savons nullement ce que c'est que la combinaison, nous ne savons pas même ce qui la distingue essentiellement de la dissolution, mais nous pouvons toujours la caractériser par un changement d'état. Le changement d'état est manifesté par de nouvelles propriétés chimiques ou physiques qui servent à distinguer la combinaison d'un simple mélange. C'est même le résultat négatif de la recherche de ces propriétés qui sert de base à la démonstration classique de la vraie nature de l'air. Ce changement d'état s'accompagne le plus souvent de dégagement de chaleur latente, ce qui rapproche la combinaison de la condensation des vapeurs; mais il s'accompagne aussi d'absorption de chaleur latente ou de refroidissement, comme cela a lieu pour les corps que j'ai proposé d'appeler *explosifs* (pour éviter un néologisme), comme le protoxyde d'azote les combinaisons oxygénées de l'azote et du chlore, le chlorure d'azote, lesquels se forment toujours par le contact de leurs éléments réunis à l'état naissant et qui dégagent de la chaleur en se décomposant. Les composés organiques se trouvent souvent dans cette catégorie, comme cela résulte de la belle expérience de M. Berthelot sur l'acide formique (1). Le dégagement de chaleur, la production du froid ou l'absence d'effet thermométrique ne prouvent rien pour ou contre le fait de la combinaison. Les mélanges d'eau et d'acide sulfurique accompagnés de contraction, les dissolutions dans le cas le plus général, en sont des exemples saillants. Mais, quand deux gaz s'unissent en donnant

(1) Il en est de même pour les phénomènes de chaleur qui s'observent dans la séparation des éléments pendant la fermentation, et auxquels M. Pasteur faisait allusion tout récemment. Je peux dès à présent faire pressentir les proportions dans lesquelles il faudrait mélanger des dissolutions d'alcool et d'acide carbonique pour reconstituer le glucose en ne fournissant à celui-ci que la chaleur latente fixée dans les dissolutions, et en supposant qu'on puisse y faire naître l'équilibre instable des molécules qui constitue l'état naissant, ce que nous ignorons encore. Je reviendrai sur ce sujet, en publiant de nouvelles expériences, dans une prochaine séance.

Digitized by Google

un produit gazeux sans condensation, mais avec dégagement de chaleur, cette chaleur latente, devenue sensible, implique nécessairement un changement d'état, et je ne sais pas comment nous ferions pour ne pas appeler combinaison le produit de cette union, à cause des idées que nous nous formons sur la nature des gaz (1).

» Dans l'état actuel de la science, le plus sage est d'étudier patiemment les faits qui se rapportent à ces causes inconnues, sans se préoccuper de celles-ci et surtout sans faire d'hypothèse.

» Pour résumer les faits relatifs aux densités de vapeur, je ferai remarquer que l'expérience assigne à certains corps, dans des intervalles considérables de température pouvant aller jusqu'à 1000 degrés, 8 volumes de vapeur pour leur équivalent *actuel;* que, d'après des chimistes éminents, ces corps sont, sans exception, constitués par de véritables mélanges provenant de la séparation de leurs éléments; enfin, qu'avec leur équivalent *actuel*, aucun corps simple ou composé ne peut représenter, soit 1 volume, soit 8 volumes de vapeur. C'est une hypothèse que leurs auteurs doivent démontrer, et c'est à nous d'attendre que cette démonstration soit sans réplique. Je l'admettrai alors avec empressement.

» En attendant, voici, entre autres difficultés, celles dont je propose la solution aux partisans de l'hypothèse des densités dites *anomales*.

» 1° L'acide sulfhydrique forme, avec l'ammoniaque, deux composés, espèces distinctes, cristallisées et volatiles, dont les formules sont :

$AzH^4S$, sulfure d'ammonium ou sulfhydrate d'ammoniaque;
$AzH^4S,HS$, sulfhydrate de sulfure d'ammonium ou bisulfhydrate d'ammoniaque.

» Le sulfure d'ammonium représente 4 volumes de vapeur, sa condensation est égale à 1/3 : l'acide sulfhydrique et l'ammoniaque se combinent donc et restent combinés à la température (par exemple, 100 degrés) à laquelle on détermine sa densité de vapeur.

» Le sulfhydrate de sulfure d'ammonium représente 8 volumes de vapeur; sa condensation est nulle. Si l'on suppose que ses éléments se soient séparés à la température où l'on prend la densité de vapeur (par exemple, 100 degrés), on est obligé de supposer qu'il s'est partagé en ammoniaque et acide sulfhydrique $AzH^3$ et 2HS, donnant chacun 4 volumes et ayant pour somme 8 volumes.

» Or, à cette température, les éléments ne pourraient réellement se séparer qu'en sulfure d'ammonium $AzH^4S$ et en acide sulfhydrique HS, représentant, l'un 4 volumes, l'autre 2 volumes, dont la somme est 6 volumes.

» Si le sulfhydrate du sulfure d'ammonium était décomposé dans sa propre vapeur, il devrait donc fournir 6 volumes. Or, l'expérience nous apprend qu'il en fournit 8; donc il n'est pas décomposé, donc sa vapeur n'a rien d'*anomal*.

» 2° Quand l'acide carbonique, l'acide sulfureux, l'acide acétique, le soufre, le sélénium, le tellure et tant d'autres corps si nombreux et si connus aujourd'hui nous présentent une densité de vapeur variable avec la température, c'est réellement que leurs coefficients de dilatation vont en diminuant quand la température augmente, jusqu'à prendre une valeur minimum 0,00366, celle qui convient à l'hydrogène, par exemple : les travaux de M. Regnault, de M. Cahours, ceux de M. Troost et les miens, l'ont prouvé surabondamment.

» On s'est appuyé sur cette variabilité des densités, découverte par M. Cahours, pour faire espérer que les densités de vapeurs, gênantes au point de vue de certaines théories atomistiques, celles du phosphore et de l'arsenic, par exemple, pourraient diminuer de moitié si on les déterminait à des températures hors de notre portée. Si l'analogie sur laquelle on se fonde est légitime, elle devra s'étendre au phénomène de la variation de leurs coefficients de dilatation; or, M. Troost et moi nous avons fait voir qu'entre des températures variant de 1000 degrés, la densité de ces vapeurs devenant constante, leur coefficient de dilatation doit être aussi constant, comme pour toutes les vapeurs suffisamment chauffées et pour les gaz parfaits. Admettre que, par exception, ce coefficient est ou peut être différent de 0,00366 pour que le phosphore et l'arsenic cessent de représenter un seul volume de vapeur, c'est faire une hypothèse inconciliable avec toutes les analogies et inadmissible dans l'état actuel de la science. »

(1) Il n'y a rien de comparable à la dissolution dans les gaz.

## FACULTÉ DES SCIENCES.

## PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE.

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

**Discours d'ouverture. — La médecine expérimentale et la médecine d'observation.**

Messieurs,

Cette année, comme les années précédentes, nous devons traiter ici de la *médecine expérimentale*, et bien que nous ayons déjà indiqué plus d'une fois le sens qu'il faut attacher à cette expression, il n'est cependant pas inutile d'y revenir chaque année dans une première leçon, pour mieux préciser l'esprit général de cet enseignement et les principes qui le dirigeront toujours.

Le but que nous poursuivons, c'est d'appliquer à la médecine les principes de la méthode expérimentale. Ce n'est donc pas un nouveau système de médecine que nous venons vous proposer, c'est au contraire la négation de tous les systèmes. Le triomphe de la médecine expérimentale aurait pour résultat de faire disparaître de la science toutes les vues individuelles pour les remplacer par des théories impersonnelles et générales solidement établies sur les faits, et qui n'en seraient, comme dans les autres sciences, qu'une coordination régulière.

Pour nous, la médecine est donc une science d'expérimentation au même titre que les autres sciences naturelles, physique, chimie, physiologie, etc. Cette manière de l'envisager est loin encore d'être universellement admise. Tous les jours on voit des médecins prétendre que la médecine est une pure science d'observation; à leurs yeux, nos idées ne sont que des utopies propres tout au plus à égarer les esprits loin des études fécondes, et nous marchons dans la mauvaise voie. Pour éclaircir cette question, il convient tout d'abord de définir exactement ce qu'est une science expérimentale et ce qu'est une science d'observation, quelles différences les séparent et quelles ressemblances les rapprochent. Bien des gens, en effet, se font des idées très-fausses de tout cela, et il n'est pas rare de voir des médecins eux-mêmes ne pas saisir le véritable sens de ces mots.

Dans une science d'observation, on passe en revue, on étudie, on *observe* les phénomènes, puisque c'est le mot consacré, et l'on raisonne ensuite sur eux pour découvrir les lois qui les gouvernent. La science expérimentale fait tout cela; mais elle fait encore autre chose : après avoir déterminé ces lois permanentes qui régissent les faits transitoires, elle agit sous l'empire de ces lois pour modifier ces faits eux-mêmes ou en produire d'autres, tandis que la science d'observation ne peut pas ou ne veut pas le faire. Voilà la différence capitale, et c'est là que gît toute la question.

Digitized by Google

Le type des sciences d'observation, et celle qui le restera toujours, c'est l'astronomie; nous ne pourrons jamais aller saisir les planètes à travers l'espace pour les soumettre à nos expériences ou modifier leurs conditions d'existence. Mais toutes les sciences terrestres étudiant des phénomènes qui peuvent être placés à notre portée sont destinées à devenir des sciences d'expérimentation.

Ces définitions établies, que devons-nous penser de la médecine? Si c'est une science d'observation pure, le médecin devra toujours considérer les phénomènes morbides dans l'ensemble de l'organisme qu'il lui est interdit de médicamenter ou de changer en quoi que ce soit; il observera toutes les circonstances des maladies, leur influence sur le corps humain et leur issue heureuse ou malheureuse, mais là se bornera son rôle; il ne doit pas plus agir sur le malade que l'astronome sur les astres, car il ne doit rien modifier. Voilà donc une médecine qui restera purement passive, et c'est là une conséquence nécessaire de cette manière d'envisager les choses; car définir une science, *science d'observation*, c'est dire implicitement que l'homme l'emploiera pour prévoir les phénomènes de la nature, mais ne l'emploiera pas pour agir sur eux. Quel est, en effet, l'astronome qui prétendrait jamais réformer le cours d'un astre? Au contraire, la chimie et la physique ne se contentent pas d'observer les phénomènes, elles les modifient en se servant des lois mêmes qui les régissent; elles les maîtrisent à leur gré, et donnent ainsi naissance à toutes ces applications merveilleuses qui renouvellent l'industrie moderne et lui font prendre un si grand essor. La médecine ne peut acquérir la même puissance qu'à cette seule condition, c'est qu'elle devienne, elle aussi, une science d'expérimentation. Hors de là, le médecin peut observer toutes les circonstances des maladies; il peut même, à toute rigueur, placer son malade dans un milieu un peu plus favorable, mais voilà tout. En un mot, la médecine d'observation serait une médecine purement *expectante;* la médecine expérimentale, au contraire, une médecine essentiellement *agissante*.

Pour la médecine d'observation, le corps est un tout indivisible auquel on ne peut pas toucher; les maladies affectent l'ensemble de l'organisme, et c'est dans l'étude des forces de cet ensemble, préservé des atteintes de l'analyse, qu'on doit en chercher le secret. Dès lors, la physiologie, l'anatomie, la chimie et toutes les autres sciences qu'on doit appeler *sciences auxiliaires*, au lieu de *sciences accessoires de la médecine*, toutes doivent être proscrites, car elles ne rendront aucun service aux médecins. Ce n'est pas là une invention de notre part, ou une conséquence que nous tirons nous-même des théories des adversaires de la médecine analytique ou expérimentale. Ce que nous venons de dire, les médecins de l'école de Montpellier, qui se piquaient de continuer plus particulièrement les doctrines de l'école hippocratique, l'ont proclamé très-hautement eux-mêmes sur tous les tons, et Rivière a même eu le singulier courage de dire que les découvertes d'Aselli et de Pecquet sur les vaisseaux lactés, comme celles d'Harvey sur la circulation, étaient de pures curiosités zoologiques qui n'importaient aucunement à la médecine. Cette énormité serait pourtant une conséquence logique de la médecine d'observation pure.

Mais au fond, il est assez inutile de défendre la médecine expérimentale contre les attaques dont elle est l'objet, car la médecine d'observation pure, et dans le sens précis du mot, n'a jamais existé et ne pouvait même pas exister. Dès qu'un malade s'est présenté, on a dû immédiatement être porté *à agir* pour le soulager. On y était poussé par des sentiments de compassion ou par la nécessité; et c'est ainsi, dit Baglivi, que naquit la médecine. Dès les premières écoles de l'Inde, tous les médecins ont un arsenal thérapeutique. Ils ont donné des remèdes à leurs malades, et dès lors ils ont *expérimenté*, car les médicaments, qui ne sont que des poisons, modifient évidemment l'état du malade et agissent sur les phénomènes de son organisme.

La médecine *expérimentale*, c'est-à-dire celle qui agit sur le malade, est donc fort ancienne. Elle s'est montrée dès l'origine de la médecine; seulement ce n'était alors qu'une expérimentation aveugle et instinctive. Mais alors, comment a pu s'introduire dans la science cette doctrine de la médecine d'observation que l'on oppose aujourd'hui à la médecine expérimentale? Cela paraît d'abord difficile à expliquer, car il est évident que la première idée d'un médecin vis-à-vis de son malade sera toujours de le guérir ou au moins de l'essayer, et pour cela, de lui donner quelque chose qui puisse modifier son état. Nous trouvons la raison de la médecine d'observation expectante dans les graves abus que peut entraîner une expérimentation, c'est-à-dire une médication intempestive et aveugle, lorsqu'il s'agit de médecine.

Il est impossible qu'on ne voie pas bientôt qu'il est des malades qui guérissent sans être médicamentés, et qu'il en est qui meurent en étant médicamentés, et même parce qu'on les a médicamentés. Aussitôt l'observation et la raison ordonnent de s'abstenir et de laisser le malade livré aux tendances heureuses de la nature. C'est là le premier pas scientifique dans la médecine; et ce premier pas, nous le trouvons accompli dans la médecine grecque ou médecine hippocratique. Hippocrate reconnaît une nature médicatrice, qu'il faut observer et chercher à favoriser. Les cas mortels sont le triomphe d'une puissance opposée à celle de la nature. On a donc raison de faire commencer la médecine scientifique à Hippocrate, et cette médecine devait nécessairement se traduire par une *expectation* plus ou moins complète. Mais si l'idée qu'on peut tuer par les médicaments un malade qui aurait guéri par la nature seule se montra d'abord, l'idée contraire survint aussi plus tard, et l'on admit qu'un malade que la nature ne guérissait pas, un remède actif et énergique pouvait le guérir. De là l'appa-

Digitized by Google

rition des *remèdes héroïques*, des *spécifiques*, des *panacées universelles* de Paracelse et autres. Dès lors l'opposition du médecin observateur et du médecin expérimentateur fut établie, l'un dirigeant les tendances de la nature, *quò vergit natura eò ducendum ;* l'autre maîtrisant la nature, *medicus naturæ superator*.

La médecine expérimentale, telle que nous la concevons, n'est nullement en contradiction avec toutes ces idées ; elle les admet au contraire. Nous reconnaissons qu'il vaut mieux laisser guérir un malade que de le tuer en agissant aveuglément par des médications énergiques; mais nous reconnaissons aussi que quand l'expérimentation a appris l'efficacité d'un remède, il vaut mieux l'employer, et nous ajoutons même que nous trouvons que le médecin qui sauve son malade en enrayant un accès de fièvre pernicieuse avec le sulfate de quinine est bien plus puissant que celui qui observe le cours d'une fièvre typhoïde ou d'une variole qu'il ne peut pas arrêter. Seulement la médecine expérimentale n'est que le développement méthodique de ces idées par l'application des préceptes ordinaires de la méthode expérimentale, comme cela a lieu pour toutes les autres sciences.

En effet, avant d'expliquer les lois des phénomènes naturels en expérimentant sous leur empire, il fallait d'abord découvrir ces lois qu'on prétend manier comme un instrument docile, et pour cela observer les faits en se laissant guider par des idées plus ou moins préconçues qui constituent un véritable empirisme. La médecine a suivi à cet égard la même marche que toutes les autres sciences. Seulement, celles-ci ne rencontraient pas les mêmes obstacles et n'engendraient pas les mêmes périls. Les alchimistes ont pu calciner de père en fils pendant des siècles sans autre danger que de perdre leur temps et leur fortune. En médecine, au contraire, ces erreurs d'expérience ont des conséquences plus funestes, et tout essayer constitue un empirisme aussi aveugle que condamnable, aboutissant, en définitive, à détruire les hommes. Si la médecine a guéri des malades, elle en a certainement tué; et il est impossible de lui faire exactement sa part. Ce point de vue ingénieux a été fort bien mis en lumière par Gall dans un ouvrage, du reste, assez peu connu : *De la part de l'art et de la nature dans la guérison des maladies*.

La médecine a donc commencé nécessairement par l'observation, mais elle tend sans cesse à devenir expérimentale, comme toutes les autres sciences. Sans doute, vis-à-vis des dangers et des abus de l'expérimentation sur les malades, on a dû dire aux jeunes médecins : « Allez lentement et observez votre malade avec grand soin ; il vaut mieux ne rien faire que de faire du mal; ne donnez donc pas des remèdes dont vous ne connaissez pas l'effet. » Mais il faut bien entendre le sens et la portée véritable de ces conseils; on ne voulait point proscrire l'expérience, mais seulement les abus, qui effrayaient tout le monde; on voulait bien que le médecin agît, mais avant d'agir, on voulait qu'il sût ce qu'il faisait.

La médecine d'observation n'est donc que la médecine expectante, ou médecine provisoire, qu'on accepte quand on ne peut en avoir d'autre. La médecine expérimentale, au contraire, est une médecine active; c'est la seule qui permette d'agir efficacement sur le malade. Mais elle exige des connaissances préalables dont l'absence l'a rendue longtemps impossible.

Quels sont donc aujourd'hui les moyens de développer la médecine expérimentale?

Mais puisque la médecine expérimentale n'est pas, en définitive, autre chose que l'application de la méthode expérimentale à notre science, et que le développement de cette science a suivi les mêmes lois que le développement de toutes les autres, on peut se demander comment il se fait que la médecine ne se soit pas encore établie sur cette base solide, comme la chimie, la physique, la physiologie et les autres sciences naturelles. Il n'y a pas en effet un seul médecin qui ose présenter la médecine comme une science constituée; elle est sans doute en progrès, elle avance même, si on le veut, d'une manière fort notable, surtout aujourd'hui; mais enfin, malgré ses derniers progrès contemporains, elle est encore bien loin d'être organisée régulièrement, et il serait impossible de le prétendre, à l'heure qu'il est, sans la plus évidente illusion. Quelques médecins sont partis de là pour soutenir qu'elle ne le serait jamais; à leurs yeux, la médecine est un art, une pratique ou tout ce que l'on voudra, mais elle ne sera jamais une science. Il y a là une erreur incontestable. Si la médecine est en retard sur les autres sciences, c'est qu'elle est de beaucoup la plus complexe, et qu'elle les suppose toutes; elle ne pouvait s'organiser que lorsque les autres, qui sont ses auxiliaires, le seraient déjà et lui fourniraient les éléments nécessaires. Loin de nous étonner maintenant en la trouvant en retard sur les autres, nous devrions être bien plus surpris si elle les avait devancées.

Beaucoup de médecins ont proscrit l'expérimentation parce qu'elle avait conduit quelquefois à se jouer de la vie humaine. Mais c'est là un abus que nous sommes les premiers à blâmer; la science doit apprendre avant tout à respecter la vie de l'homme et à laisser agir la nature seule, dès qu'elle ne peut plus se rendre un compte exact de ce qu'elle fait, parce qu'elle ne connaît pas assez les phénomènes qui se produisent et la valeur des médicaments qu'elle emploie pour y remédier. On a dit que les meilleurs physiologistes sont les plus mauvais médecins, parce qu'ils ne donnent presque rien à leurs malades,—et l'on a prétendu même établir ainsi la complète inutilité des sciences naturelles pour l'étude de la médecine. — Mais cela signifie seulement que les physiologistes qui ont acquis la certitude qu'ils ne savaient pas ce qu'ils ont, ne veulent pas expérimenter sur les hommes, et que sous ce rapport ils sont moins audacieux que les ignorants; cependant il faut expérimenter pour faire avancer la médecine expérimentale. Il a fallu désagréger la matière et changer l'état des corps minéraux pour

Digitized by Google

découvrir les lois de la nature minérale; il faut disloquer les organismes et tuer des êtres vivants pour connaître les lois qui régissent la matière vivante.

Dans cet état de choses, que devons-nous faire au Collége de France! Nous sommes en face d'une contradiction à laquelle il semble d'abord difficile d'échapper. D'un côté, pour s'éclairer sur la nature, les phases et les remèdes des phénomènes morbides, il est nécessaire de détruire dans ses expériences beaucoup de matière vivante; de l'autre, la morale et un sentiment naturel à tout honnête homme défendent de faire ce que l'on croit mauvais, ou même simplement ce que l'on ne croit pas bon. Cette contradiction est levée aujourd'hui, et voici comment. Si nous ne pouvons expérimenter sur les malades qui se confient à nous, parce que nous risquerions fort de les tuer au lieu de les guérir, il nous est permis d'expérimenter sur les animaux, et la science moderne a montré d'une manière, suivant nous, irréfutable, que les phénomènes de la vie se reproduisaient les mêmes dans toute matière vivante.

Les maladies dont l'expérimentation nous aura fait découvrir la cause chez les animaux seront donc par cela même appliquées chez l'homme, et nous pourrons sans danger reproduire ensuite sur celui-ci les effets que nous aurons d'abord obtenus sur ceux-là.

Par tout ce qui précède, on voit que l'objet immédiat des études de la médecine expérimentale, ce n'est pas l'homme, mais bien les animaux : l'homme n'est que le but toujours présent à la pensée, mais qui reste en dehors des expériences périlleuses.

Mais pour que la médecine expérimentale puisse faire des progrès, il faut d'abord, avant toutes choses, développer la physiologie, car c'est de toutes les sciences celle qui est le plus immédiatement applicable à la médecine. En effet, la médecine commence toujours par l'observation clinique; mais une fois les phénomènes constatés, il faut aussitôt que la physiologie vienne en débrouiller le chaos en expliquant les faits intérieurs cachés sous ces apparences. Mais à son tour la médecine éclaire la physiologie en lui révélant toute une série de phénomènes intéressants, et en lui montrant le jeu de la vie sous un jour nouveau.

Ici vient se placer une objection bien des fois représentée aux physiologistes. Pourquoi tant d'expériences, nous dit-on, puisque vous ne pouvez rien expliquer en médecine, ni la scarlatine, ni la variole, ni la rougeole, etc.? Voilà une objection qui prouve chez ses auteurs l'ignorance complète de ce qu'est le développement d'une science. Et d'abord, il ne s'agit pas de savoir si nous pouvons tout expliquer, mais si nous pouvons expliquer quelque chose; si peu que ce soit, ce serait toujours un résultat important. Jamais les sciences ne se développent tout d'un coup; la physique, la chimie, la physiologie, bien plus avancées pourtant que la médecine, n'ont-elles pas encore une foule de points obscurs? N'en auront-elles point toujours, et n'y a-t-il pas des mystères que l'homme n'expliquera jamais? Eh bien! il est clair que la médecine étant la moins avancée des sciences, doit être la plus obscure. Enfin, nous soutenons que l'état pathologique n'étant qu'une modification de l'état normal, comme nous le montrerons à satiété dans le cours de ces leçons, il faut connaître l'état normal pour comprendre l'état pathologique, et vous savez combien la physiologie, malgré tous ses progrès, reste encore incomplète sur une foule de points. Vous êtes impuissants, nous dit-on, à expliquer la scarlatine, la variole, la rougeole. Cela est vrai; mais il est vrai également que nous ne connaissons rien des fonctions de la peau où ces maladies ont leur siége. Qu'y a-t-il d'étonnant dès lors que nous ne puissions pas expliquer les maladies d'un organe dont nous ignorons les fonctions? Quand ces fonctions nous seront connues, il nous sera permis de rechercher comment elles peuvent se modifier ou s'altérer; mais jusque-là tous les efforts seraient vains.

La médecine expérimentale est donc la médecine qui se développe, c'est la science de l'avenir. Elle ne pouvait se développer que lorsque les autres sciences seraient elles-mêmes assez avancées pour lui fournir les premiers moyens d'expérimentation qui lui étaient nécessaires. Ce moment paraît venu aujourd'hui; sans doute nous sommes encore en plein empirisme médical, mais néanmoins il est incontestable que la médecine tend à se constituer expérimentalement, et ici où tous les cours de sciences doivent être progressifs, et regardant l'avenir de la science, nous sommes dans notre rôle de professeur du Collége de France, en aidant de tous nos efforts le développement de la médecine expérimentale.

Le plan de notre enseignement est donc tout tracé d'avance. Pour étudier expérimentalement les phénomènes que présentent les êtres vivants, la médecine expérimentale est la médecine active qui modifie l'organisme; c'est la science des médicaments ou des modificateurs. Il faut donc étudier les agents modificateurs, c'est-à-dire les médicaments ou les poisons : au fond, c'est tout un, car il n'y a pas de médicament qui ne puisse devenir un poison à une certaine dose, et pas de poison que l'économie ne puisse supporter ou éliminer en quantité suffisamment faible. Voilà à quoi la médecine expérimentale doit s'attacher : la physiologie est maintenant assez avancée pour analyser avec avantage l'influence des agents modificateurs ou des poisons.

Nous étudierons donc les poisons, mais en les considérant à un point de vue bien déterminé. Aux yeux du médecin légiste les poisons sont avant tout les instruments d'un crime; le toxicologue et le chimiste les étudient encore sous un aspect différent. Pour nous, ce sont *des agents capables de modifier les phénomènes de la vie et même de les faire cesser complétement*. Notre rôle consistera donc à suivre l'action de chaque poison, car chacun produit sa maladie particulière, et nous verrons que bien des évolutions morbides ne sont

Digitized by Google

au fond que des empoisonnements. Nous étudierons donc sous toutes leurs faces les divers mécanismes de la mort, ce qui nous initiera mieux qu'aucune autre étude aux mystères de la vie: car en définitive *la mort c'est le contraire de la vie ;* toutes les définitions qu'on en peut donner se ramènent toujours à celle-là, bien qu'elle paraisse une pure naïveté; et par conséquent apprendre comment on meurt, c'est apprendre en même temps comment on vit.

Le plus grand obstacle qui s'oppose aux progrès de la médecine expérimentale, c'est qu'on s'est fait longtemps et qu'on se fait encore bien souvent l'idée la plus fausse et la plus imparfaite de la constitution générale de l'organisme. On considérait la vie comme une force qui pouvait se localiser dans un point circonscrit du corps, dans un organe ou même dans un appareil. Ainsi pour ceux qui localisent la vie sur certains points du corps, quand on pique, par exemple, la moelle allongée en un point déterminé dont la blessure entraîne une mort immédiate, il faut dire qu'on a chassé la vie qui s'était cantonnée en ce point, tandis qu'en réalité on a simplement rompu un mécanisme essentiel au jeu de l'existence chez l'animal expérimenté, mais qui pourrait très-bien ne l'être pas chez d'autres. La section du nerf facial sur un homme occasionne à peine une légère difformité du visage par suite de l'altération qu'elle apporte dans le jeu de la physionomie. Chez le cheval, au contraire, cette opération est mortelle, parce que les narines s'appliquent alors l'une contre l'autre de manière à fermer toute issue à l'air, et le cheval, ne pouvant, comme l'homme, respirer par la bouche, périt bientôt asphyxié. D'ailleurs en suivant ce raisonnement, on pourrait localiser la vie dans bien d'autres endroits encore et qui seraient même souvent fort insignifiants. C'est qu'en effet la vie réside partout dans le corps humain; son siége véritable est placé dans les éléments histologiques qui constituent les tissus, et elle n'est en définitive que la résultante de l'action de toutes les parties élémentaires. Voilà l'idée bien nette que nous donne la science moderne sur la constitution de l'organisme, et c'est cette idée qu'il faut transporter en physiologie, en pathologie, en thérapeutique pour en faire la base véritable de la médecine expérimentale.

Les poisons introduits dans l'organisme se glissent jusqu'aux éléments anatomiques dont ils modifient diversement ou suppriment même les fonctions. On peut ainsi classer les poisons suivant la nature des divers éléments histologiques sur lesquels ils agissent, et ce sera même là notre principale étude.

En effet, comme nous le disions tout à l'heure, on doit distinguer deux médecines: la médecine présente, qu'il faut connaître et appliquer tous les jours pour exercer honorablement la profession de médecin; et la médecine de l'avenir, la médecine progressive, dont les tendances doivent être connues, parce que chacun de nous est appelé à concourir à son avancement tout en exerçant sa profession. La première est amplement enseignée dans les facultés de médecine, où l'on y donne toutes les connaissances pratiques nécessaires au médecin, en exposant l'état actuel de la science. Ici nous supposerons toutes ces connaissances acquises et nous nous appliquerons à suivre les derniers progrès du jour, et à provoquer même ceux du lendemain, en un mot à diriger les regards du médecin vers l'avenir. C'est par la médecine expérimentale que le médecin pourra acquérir une véritable puissance sur les êtres vivants, puissance d'autant plus légitime qu'elle s'exercera tout entière dans leur intérêt.

---

## SOCIÉTÉ CHIMIQUE.

### CHIMIE GÉNÉRALE.

**CONFÉRENCES DE M. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE**
**(de l'Institut).**

**Des phénomènes de dissociation. — Les densités de vapeur (1).**

*Les densités de vapeur des corps sont proportionnelles à leurs équivalents ou à des multiples simples de ces équivalents* (2). Tel est le principe démontré par Gay-Lussac. Par conséquent, si vous divisez l'équivalent ou un multiple simple de cet équivalent d'un corps gazeux quelconque par sa densité, vous obtiendrez un nombre constant que nous appellerons C. En d'autres termes, le volume atomique des différents corps gazeux est un nombre constant, le même pour tous.

Mais en avançant nous allons trouver des difficultés.

Si l'on prend pour unité le gramme en rapportant tout à l'équivalent de l'hydrogène, le nombre C représentera $11^{lit.},1$. Le volume atomique de tous les corps que nous grouperons ainsi autour de l'hydrogène sera de 11 litres environ. Mais prenons maintenant un autre groupe de corps, par exemple, l'oxygène, le soufre, le sélénium, le tellure, le phosphore, l'arsenic, etc., et nous verrons que C correspondra cette fois à 5 litres et demi.

On est convenu de dire que ces derniers corps représentent les volumes atomiques simples, ce qui veut dire tout bonnement qu'en exprimant les équivalents des corps en grammes, le nombre de grammes contenus dans 5 litres et demi de vapeur à la pression de $0^{m},76$ et à température de 0 degré correspondra au poids de l'équivalent. Ce nombre 5 litres et demi représente donc tout simplement un volume dont le poids est égal à celui de l'équivalent.

Mais si vous preniez l'hydrogène, le chlore, le brome, etc., il vous faudrait $11^{lit.},1$ pour arriver à ob-

(1) Voir le n° 2,
(2) Le facteur est toujours $\frac{1}{2}$, 1 ou 2.

Digitized by Google

tenir un volume dont le poids représente l'équivalent du corps. Un grand nombre de corps simples sont dans ce cas. Ce n'est pas tout. En choisissant d'autres corps, le volume atomique deviendra 22lit.,2, c'est-à-dire que pour trouver un volume dont le poids soit précisément égal à celui de l'équivalent, il faudra prendre 22lit.,2. Dans cette dernière catégorie viennent se ranger notamment l'ammoniaque, un très-grand nombre de corps composés de deux éléments simples seulement, et la plus grande partie des corps de la chimie organique. Allons encore plus loin, et nous trouverons des corps dont le volume atomique est 44lit.,4. Cette nouvelle série comprend des corps composés de deux éléments eux-mêmes complexes, les sels ammoniacaux par exemple.

Dans le calcul comparatif de tous ces résultats, prenons maintenant 5lit.,5 pour unité de volume. Nous aurons alors des corps dont l'équivalent représentera 1, 2, 4 et 8 volumes. Mais pourquoi nous arrêter là? Ne pourrions-nous pas avoir des corps dont l'équivalent représenterait 16 volumes ou même un plus grand nombre? M. H. Sainte-Claire Deville a essayé d'en découvrir, mais sans réussir dans cette recherche.

Donnons un exemple de ces tentatives. MM. Deville et Troost combinèrent ensemble 2 équivalents de sublimé corrosif (bichlorure de mercure) avec 1 équivalent de chlorhydrate d'ammoniaque. Cette combinaison était faite de manière que 8 volumes de sublimé corrosif devaient s'unir à 8 volumes de chlorhydrate d'ammoniaque. Or, d'après les lois de Gay-Lussac, l'équivalent du composé résultant de cette opération devait représenter 16 volumes.

Cependant les expérimentateurs trouvèrent un nombre supérieur sans doute à 8, mais inférieur à 16, et l'analyse prouva que les matières produites n'avaient plus la même composition que les substances employées, parce que celles-ci s'étaient décomposées. C'est qu'en effet les corps les plus complexes sont ceux qui se réduisent le plus facilement en d'autres éléments moins complexes, et il y a un certain degré de complexité au delà duquel les corps ne peuvent plus exister à l'état de combinaison à une certaine température.

Certains savants ont prétendu que les corps dont l'équivalent représentait 8 volumes ne devraient pas exister en vapeur autrement qu'à l'état d'éléments séparés par l'action de la chaleur et simplement mélangés. Cette opinion, émise par M. Cannizaro et Hermann Kopp, comme conséquence des premières expériences de M. Deville sur la dissociation, n'a pas été démontrée de manière à convaincre tous les chimistes, et c'est précisément parce qu'il n'est pas convaincu que M. Deville a voulu tracer l'historique de cette intéressante controverse.

M. Cahours avait observé avec une très-grande justesse que le perchlorure de phosphore se composait bien de 4 volumes de chlore et de 4 volumes de protochlorure de phosphore, ce qui donne en effet 8 volumes; mais on a été plus loin, et l'on a supposé que dès que le perchlorure de phosphore est vaporisé, il n'est plus qu'un mélange de ces éléments.

Tout récemment, des expériences successives ont été exécutées en Allemagne par M. Pébal, et en Angleterre par MM. Wanklyn et Robinson.

Voici en quoi consiste l'expérience de M. Pébal. Il prend un tube de verre au milieu duquel se trouve un tampon d'amiante qui empêche la communication entre les deux extrémités. Au-dessus de ce tampon d'amiante se trouve des fragments de chlorhydrate d'ammoniaque. Le tube ainsi disposé est placé dans un autre tube plus grand et l'on fait arriver de l'hydrogène par les deux côtés. Eh bien, chose curieuse, l'hydrogène qui sort d'un côté possède la propriété de rougir la teinture de tournesol et contient par conséquent de l'acide chlorhydrique, tandis que l'hydrogène qui sort de l'autre côté bleuit cette même teinture de tournesol, et contient par conséquent de l'ammoniaque. M. Pébal, dans cette belle expérience, sépare donc par diffusion des quantités, très-faibles il est vrai, mais sensibles, d'acide chlorhydrique et d'ammoniaque libres. M. Deville estime la température de l'expérience à 400 degrés environ. Ainsi à cette température déjà un peu supérieure à celle à laquelle on détermine la densité de vapeur d'un chlorhydrate d'ammoniaque, ce corps se réduit très-partiellement en ses deux éléments, acide chlorhydrique d'un côté, ammoniaque de l'autre. Voilà qui est incontestable.

MM. Wanklyn et Robinson ont appliqué le même principe; ils ont séparé, comme M. Pébal et après lui, les éléments de l'acide sulfurique et du perchlorure de phosphore au moyen de cette intéressante propriété appelée diffusion par M. Graham. Ils ont pris un ballon contenant soit de l'acide sulfurique, soit du perchlorure; à ce ballon était ajusté un tube qui entrait dans le col du ballon de manière à laisser vide un espace annulaire très-restreint. On peut comparer la distance ménagée entre les deux anneaux de verre à l'espace qui sépare les deux parties d'une éprouvette dans laquelle on a fait une fissure; M. Graham a démontré qu'au moyen d'une fissure de ce genre on peut faire de véritables analyses. Il y a séparation des divers corps, certains gaz traversant cette fissure et certains autres ne passant pas. MM. Wanklyn et Robinson ont vu qu'en chauffant pendant très-longtemps du perchlorure de phosphore dans leur appareil on finissait par obtenir une certaine quantité de protochlorure de phosphore qui restait dans l'appareil, et en outre du chlore qui s'échappait par la fissure. Ils ont conclu de là qu'en prenant du perchlorure de phosphore, il était toujours décomposé en protochlorure et chlore.

Les auteurs de ces expériences sont des chimistes très-distingués dont la parole fait foi par elle-même, au moins en ce qui concerne l'observation des faits. Mais tout n'est point là. Il s'agit encore de savoir si leur expérience est bien interprétée et si leur conclusion est

Digitized by Google

légitime, en un mot, si ces vapeurs se sont entièrement décomposées à la température à laquelle on opérait. Avant de démontrer que cela est tout à fait impossible, M. Deville a voulu bien indiquer comment il est permis de s'appuyer sur les phénomènes de dissociation exposés dans le premier article et de quelle manière on doit les interpréter.

Il faut toujours en revenir sur ce sujet à une comparaison entre la cohésion et l'affinité ou, si vous aimez mieux, entre les phénomènes de décomposition et ceux d'ébullition. Supposons donc un vase plein d'eau : cette eau va s'évaporer; si elle est dans un ballon fermé, la tension de la vapeur d'eau deviendra bientôt maximum, l'air contenu dans la partie supérieure du flacon sera saturé et tout restera tel quel. Les propriétés de l'eau n'auront pas changé; son poids sera-t-il de même resté invariable? Non, évidemment, mais il faudrait des balances d'une sensibilité exquise, on peut dire impossible, pour constater cette variation. Supposez maintenant que vous fassiez une ouverture à ce ballon : l'air saturé de vapeur en sortira peu à peu pour être remplacé progressivement à l'intérieur par de l'air sec qui se saturera à son tour pour sortir ensuite, et au bout d'un certain temps, l'eau sera ainsi transformée tout entière en vapeur.

Voilà comment on peut expliquer les phénomènes observés par MM. Pébal, Wanklyn et Robinson.

En effet, à quoi se résument les expériences de ces derniers auteurs? Ils ont chauffé du perchlorure de phosphore à une température de 300 à 400 degrés et se sont arrangés de manière à permettre au chlore de sortir très-facilement. Ce perchlorure est encore loin de son point de décomposition, mais à la température à laquelle on l'observe il a néanmoins une certaine tension de dissociation, et une petite quantité de la vapeur de perchlorure de phosphore est réduite en ses éléments. Supposez maintenant qu'il sorte un peu de chlore grâce à l'artifice de M. Graham, et la tension va diminuer aussitôt : il faudra qu'elle se rétablisse et par conséquent une nouvelle quantité de perchlorure se décomposera. Tous ces phénomènes reçoivent la même interprétation.

Après avoir expliqué ainsi les faits sur lesquels s'appuient ces chimistes, il reste à démontrer qu'il existe en réalité des corps représentant 8 volumes de vapeur. Voici comment on peut y arriver.

MM. Deville et Troost ont pris la densité de vapeur de l'eau à une température supérieure à 1000 degrés, point à partir duquel elle peut se résoudre partiellement en ses élements; cependant sa densité ne varie pas. Un corps susceptible de dissociation peut donc présenter une densité exactement égale à celle qu'il aurait s'il n'était pas susceptible de dissociation. L'expérience de M. Pébal a fait voir que le chlorhydrate d'ammoniaque à la température de 400 degrés se décompose partiellement en ses éléments; d'autres personnes en ont conclu que ses éléments s'étant séparés, il ne représentait plus en réalité les quatre volumes qui lui conviennent. La densité de vapeur du chlorhydrate d'ammoniaque ne serait qu'une densité anormale, une densité apparente. La densité véritable serait double de la densité anormale. Mais dans un grand nombre d'expériences qu'il a faites sur le chlorhydrate d'ammoniaque à différentes températures, M. H. Sainte-Claire Deville a trouvé pour sa densité de vapeur 1 (au lieu de 0,95), ce qui fait que, entre 350 degrés et 1000 degrés, la dissociation du chlorhydrate d'ammoniaque se trouve être très-faible. Mais à partir de 1000 degrés, elle devient très-rapidement croissante et les densités sont alors très-différentes. Voilà un premier fait à expliquer; en voici maintenant un autre.

On dit que le chlorhydrate d'ammoniaque a sans doute pour densité 1 environ, mais que cette densité n'est qu'apparente, et qu'en réalité on a affaire à un mélange de 4 volumes d'acide chlorhydrique avec 4 volumes d'ammoniaque. Il s'ensuit que le chlorhydrate d'ammoniaque ne peut exister à l'état de vapeur qu'à des intervalles tellement petits qu'on ne peut les saisir. — Pour démontrer le contraire, M. H. Sainte-Claire Deville prend un ballon plein d'air qu'il chauffe dans une enceinte maintenue à une température constante de 350 degrés au moyen d'un courant de vapeur de mercure; dans ce ballon on fait passer au moyen de deux tubes recourbés deux courants constants et d'un égal débit, l'un d'acide chlorhydrique, l'autre d'ammoniaque. Avant le passage des deux courants, on avait placé dans l'intérieur du ballon un thermomètre à air dont la pointe se terminait dans un liquide assez mobile pour permettre à l'air de se dégager avec facilité, l'acide sulfurique par exemple. Lors du passage du courant, des bulles d'air sortent du thermomètre : si on le ferme alors et qu'on le porte sur la cuve à mercure pour déterminer la température à laquelle on est arrivé, on trouve 394 degrés : l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque se sont mélangés à cette température avec dégagement de chaleur; il y a donc eu combinaison. En prenant la densité de vapeur du chlorhydrate d'ammoniaque à 350 degrés, vous la trouvez toujours égale à 1 dans toutes les expériences : ainsi, non-seulement l'acide chlorhydrique existe à la température de 394 degrés, mais il peut même se former à cette température.

Mais il ne faudrait pas croire pour cela que la température développée par la combinaison du chlorhydrate d'ammoniaque soit égale à 394 degrés seulement. En effet, on a mis ce ballon dans un bain de mercure, qui est pour lui comme une source de froid très-puissante; les gaz arrivant déjà froids par eux-mêmes sont encore, après l'échauffement dû à la combinaison, refroidis par le contact avec la vapeur de mercure. En d'autres termes, quand ils se combinent, il faut d'abord que la combinaison développe une quantité de chaleur suffisante pour les porter de 10 degrés à 360 degrés, et il faut ensuite que le chlorhydrate d'ammoniaque formé résiste

Digitized by Google

au refroidissement dû au contact des parois du vase, maintenues à une température inférieure et constante par la vapeur de mercure.

Il y a encore une autre expérience qui se fait pour ainsi dire toute seule, et à laquelle on avait dû songer tout d'abord; elle semble bien incompatible avec les hypothèses que l'on fait sur les densités anomales ou apparentes. Voici en quoi elle consiste. Quand on fait passer de l'ammoniaque sur du charbon à 1200 degrés environ, il se forme du cyanhydrate d'ammoniaque; or, ni l'ammoniaque ni l'acide cyanhydrique ne peuvent exister à cette température; l'acide cyanhydrique se décompose en hydrogène et cyanogène; l'ammoniaque, en hydrogène et azote. Cependant, dans l'opinion que nous combattons, il faudrait admettre que l'acide cyanhydrique et l'ammoniaque, qui se décomposent déjà à une température de 800 degrés environ, sont capables de résister à une chaleur de 1200 degrés, lors de la formation du cyanhydrate. C'est là une contradiction manifeste; aucun des éléments qui entrent dans la constitution du cyanhydrate d'ammoniaque, ne saurait résister à la température à laquelle se forme ce corps. Or, prenez la densité de vapeur du cyanhydrate d'ammoniaque à 50 ou 100 degrés, température tellement basse, que vous devriez avoir un maximum pour les densités de vapeur, c'est-à-dire un minimum pour le volume, et vous trouverez ainsi que ce corps représente bien 8 volumes. Rien n'autorise donc à admettre la décomposition du cyanhydrate d'ammoniaque à 50 degrés en acide cyanhydrique et ammoniaque; en aucune circonstance, ce corps n'a changé de forme, et il est à 50 degrés ce qu'il sera à 100 degrés. On est donc bien forcé d'admettre que sa densité de vapeur représente réellement 8 volumes.

D'ailleurs, à quoi peut-il être utile de restreindre le développement d'une loi comme celle que nous exposions tout à l'heure? Quoi qu'on fasse, on ne parviendra jamais à donner le même volume gazeux à l'équivalent de tous les corps simples, et, y arriverait-on, qu'on ne pourrait pas le faire, au moins pour tous les corps composés; il y aura toujours des corps dont l'équivalent représentera 1, 2 ou 4 volumes en dépit des contradicteurs. Pourquoi, dès lors, vouloir obstinément restreindre cette incontestable variété dans des limites factices? Ce serait sans doute plus commode pour certaines théories; mais, en général, les bonnes théories sont celles qui mènent à des faits vrais; il en sort de bonnes expériences qui nous frappent vivement, et elles nous inspirent chaque jour. Mais quand on trouve 8 volumes, et qu'on prétend que ce sont 4 volumes qui se sont dédoublés, qu'en peut-on tirer? Les théories sont une excellente chose, mais il faut avant tout les justifier, et n'est-ce pas ici le cas de se demander pourquoi ces 4 volumes se dédoubleraient afin d'en faire 8? Le phosphore et l'arsenic, au moins, ont beau être expérimentés à haute ou basse température, ils ne se dédoublent jamais; MM. Deville et Troost en ont fait l'expérience d'une manière complète.

En considérant que les corps qui représentent un seul volume de vapeur, comme l'oxygène, le sélénium, le lithium, le phosphore et l'arsenic, sont tous des corps simples; que ceux qui représentent deux volumes sont, les uns des corps simples, et les autres des corps composés, mais les moins complexes que nous connaissions; que, parmi ceux qui représentent quatre volumes, nous ne trouvons pas un seul corps simple, mais bien des corps composés aussi compliqués que l'ammoniaque; il est impossible d'admettre que tous ces corps si divers fassent partie d'une même série. Les sels d'ammoniaque ou d'alcalis organiques volatils, et certains corps d'une grande complication composent la série supérieure, peut-être la dernière, qui comprend les substances représentant huit volumes de vapeur.

Il faut distinguer deux espèces d'hypothèses, dit M. H. Sainte-Claire Deville en finissant : celles qui produisent et celles qui restent stériles. Admirons les premières, et servons-nous-en tant qu'elles ne sont pas contredites. Admirons-les, et même admettons-les provisoirement; mais n'oublions jamais qu'en fait de science, la foi complète doit être réservée à ces lois immuables que l'expérience confirme chaque jour, et qui sont aussi incontestables que la raison humaine d'où elles sont sorties.

Émile Alglave.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

### EMBRYOGÉNIE COMPARÉE (1).

COURS DE M. COSTE (2).
(de l'Institut.)

### XIII (fin).

**Transport de la semence vers les ovaires. — Lieu où s'opère la fécondation.**

Nous terminons aujourd'hui le compte rendu du cours de M. Coste. Les leçons précédentes, publiées *in extenso* dans la première année de la *Revue*, comprennent toutes les matières traitées par le professeur pendant l'année scolaire 1863-64. Les premières sont consacrées à l'examen du livre de M. Darwin sur l'origine des espèces. M. Coste analyse en même temps les expériences de M. Pasteur et celles de MM. Pouchet, Joly et Musset sur la génération des infusoires. Le professeur rejette le système de Lamarck et de M. Darwin sur la transformation des types spécifiques. Il n'admet pas davantage les conclusions des hétérogénistes; et, sans nier d'une façon

(1) (Voy. les nos 23, 25, 28, 30, 33, 37, 39, 43, 47, 49 et 50 de la première année.

(2) Errata. — Dans la 12e leçon, à la 5e colonne, ligne 53, avant le mot *tous*, lisez *tuer*, et au lieu de *détruisent*, lisez *détruire*.

A la 6e colonne, ligne 18, après *trente*, lisez *heures*.

A la 7e colonne, ligne 22, au lieu de *sa*, lisez *la*.

Digitized by Google

absolue la possibilité de la génération spontanée, il ne croit pas qu'on soit encore parvenu à la démontrer.

M. Coste expose ensuite les lois générales de l'organisation et du développement des êtres, d'après les données actuelles de l'embryogénie comparée. Il examine les diverses théories émises sur la génération depuis Hippocrate jusqu'à nos jours; puis il fait l'histoire de l'œuf et du sperme au double point de vue de l'anatomie et de la physiologie. L'ovulation, la menstruation, la sécrétion spermatique, sont étudiées avec les plus grands détails dans toute la série animale. Enfin, le professeur termine son cours par l'étude de la fécondation. Nous avons exposé assez longuement, dans la dernière leçon, les conditions extérieures de cette fonction dans les diverses classes de la série. Il ne nous reste plus maintenant qu'à déterminer le moment et le lieu où elle s'opère. Tel est l'objet du cours que nous reproduisons aujourd'hui.

Leuwenhoeck, et plus tard M. Henle, ont constaté au microscope les mouvements des spermatozoïdes. On pensa dès lors que l'ascension de la semence à travers les organes génitaux de la femelle était due à la progression instinctive de ces corpuscules. C'est là le sentiment énoncé par M. Henle dans son *Traité d'anatomie générale*.

Cette hypothèse est, en effet, parfaitement logique. Malheureusement elle est loin d'être applicable à toutes les espèces animales; car il en est, comme nous l'avons déjà dit, dont les spermatozoïdes sont complétement dépourvus de motilité ou la perdent dès qu'ils pénètrent dans les organes maternels. Tels sont les crustacés décapodes et les mollusques céphalopodes. Dans ces conditions, le transport de la semence est évidemment dû à une tout autre cause qu'au pouvoir automoteur des spermatozoïdes.

Plusieurs physiologistes, frappés de la valeur de cette objection, ont cru la résoudre en attribuant la progression des corpuscules spermatiques aux cils vibratiles qui tapissent la muqueuse de l'utérus et des trompes. A l'appui de cette opinion, Jean Müller allègue les expériences de M. Sharpey. Cet observateur ayant placé de la poussière de charbon sur la voûte palatine d'une grenouille, cette poussière fut bientôt entraînée vers le gosier par la propulsion des cils vibratiles. Mais cette expérience, répétée sur le vagin d'une femelle de lapin, a toujours donné des résultats négatifs: chose facile à prévoir d'ailleurs, car l'épithélium vaginal est absolument dépourvu de cils vibratiles chez le lapin, et, qui plus est, il en existe à peine dans l'intérieur de la matrice. Du reste, ces cils, quand ils existent, sont surtout destinés à diluer le mucus, et, au lieu de pousser vers les ovaires les corpuscules contenus dans ce liquide, ils les repoussent au contraire en sens opposé. Le microscope permettra de vérifier le fait à quiconque voudra se donner la peine de l'observer en temps opportun. Néanmoins nous ne voudrions pas affirmer que les cils vibratiles, si abondants au niveau du museau de tanche, fussent absolument étrangers à ce mouvement. En tout cas, ce serait là une cause tout à fait secondaire qui n'expliquerait en aucune façon le passage de la semence du vagin dans la matrice et de la matrice dans l'oviducte.

Une troisième opinion a été émise. C'est celle qui attribue la progression du sperme aux contractions vermiculaires de l'utérus et des trompes. Mais cette explication ne saurait s'accorder avec la structure fibreuse de l'utérus chez la femme, et encore moins avec les cas de cancers et autres tumeurs de cet organe qui peuvent très-bien, comme chacun le sait, ne pas empêcher la fécondation. Il est d'ailleurs parfaitement constaté aujourd'hui que la fécondation peut avoir lieu pendant le sommeil, l'ivresse, le narcotisme, la catalepsie, qui paralysent momentanément l'innervation motrice, et, par suite, l'action musculaire. On pourrait répondre, il est vrai, que l'action réflexe de la moelle, qui persiste pendant le sommeil, est parfaitement suffisante pour expliquer la contraction des fibres musculaires des organes génitaux internes. Mais comment cette action pourrait-elle s'exercer là où il n'y a pas de fibres musculaires? Cette explication est donc mauvaise, de quelque façon qu'on l'envisage.

M. Pouchet a imaginé une quatrième hypothèse, très-ingénieuse et très-concluante en apparence, mais qui, en réalité, n'a pas plus de fondement que les autres. Il y aurait, selon lui, au moment du coït, un spasme très-prononcé de la matrice et du vagin. Cette contraction spasmodique, chassant le mucus de ces cavités, y ferait le vide, et les choses rentrant en état après la copulation, la semence pénétrerait par aspiration dans l'utérus, comme l'eau monte dans un corps de pompe dont on élève le piston. Mais le spasme implique une grande dépense d'activité musculaire. Cette explication est donc passible de toutes les objections que nous avons adressées à l'opinion précédente.

Pour nous, dit M. Coste, le transport des spermatozoïdes est avant tout un phénomène de capillarité. La semence monte dans le vagin, et puis dans l'utérus et dans les trompes, comme un liquide dans un tube capillaire ou entre deux lames de verre. La seule condition nécessaire à cette ascension, c'est l'humidité de la muqueuse. Ce phénomène, purement physique, est indépendant de la structure des parties; il peut se produire dans toutes les conditions; par suite, il ne donne prise à aucune des objections énoncées précédemment. On comprend très-bien de la sorte la fécondation chez les mollusques céphalopodes, chez les écrevisses, les homards, etc. La grossesse survenue chez les filles non déflorées s'explique aussi très-bien de cette façon. Car l'accolement des parois du vagin lubrifiées par le mucus réunit toutes les conditions de capillarité nécessaires à la progression ascendante de la liqueur séminale. L'ivresse, la catalepsie, le narcotisme, cessent aussi par là même d'être un obstacle à la fécondation. Cette explication résolvant toutes les données du problème, nous la croyons définitive. En tout cas, si elle ne l'est pas, il nous paraît diffi-

Digitized by Google

cile, sinon impossible, d'en donner une meilleure dans l'état actuel de la science.

Ce principe une fois admis, on ne s'étonne pas le moins du monde des succès obtenus par Spallanzani dans ses tentatives de fécondation artificielle. L'injection séminale et l'éjaculation qui suit le coït sont en effet deux phénomènes physiques parfaitement comparables. Pour que leurs résultats soient identiques, il suffit que la semence conserve toutes ses propriétés. Dans l'un et l'autre cas, la fécondation doit avoir lieu, pourvu que le rapprochement sexuel ou l'injection spermatique s'opèrent au moment du rut, et que nul obstacle ne s'oppose à la rencontre ultérieure de l'œuf et du sperme dans les organes génitaux de la femelle.

C'est en 1780 que Spallanzani tenta cette curieuse expérience sur les mammifères. « Il injecta dans la matrice d'une chienne en chaleur, au moyen d'une seringue chauffée à 30 degrés Réaumur, 19 grains de semence émise spontanément par un jeune chien. Quarante-huit heures après, cette chienne cessa d'être en rut; au vingt-troisième jour, son ventre se gonfla; au soixante-deuxième, elle mit bas trois petits vivants, deux mâles et une femelle, qui, par leurs couleurs, ressemblaient non-seulement à la mère, mais au mâle qui avait fourni la semence.

» Treize mois plus tard, le 12 janvier 1782, cette intéressante découverte fut confirmée par Pierre Rossi, professeur de logique et de métaphysique à l'université de Pise. De concert avec Nicolas Branchi, professeur de chimie dans la même université, il répéta l'expérience de Spallanzani avec un succès complet. Cette expérience, ajoute M. Coste, me paraît devoir réussir également chez l'espèce humaine. Si jamais on l'exécute, c'est un ou deux jours avant l'invasion des règles ou au moment de leur cessation qu'il faudra la tenter, parce que la menstruation étant l'analogue du rut, c'est durant cette période que la semence artificiellement injectée aura le plus de chance de rencontrer dans les ovaires des ovules à maturité (1). » (Coste, *loc. cit.*).

Comme on a pu le voir dans le cours de ces leçons, il n'est guère de fonctions de l'économie qui aient suscité autant d'hypothèses que la génération. Les recherches sérieuses n'ont véritablement commencé qu'après la découverte du microscope, avec les travaux de Graaf, Leuwenhoeck et Spallanzani. Mais ces grands observateurs eux-mêmes ne surent pas toujours se tenir sur le terrain de l'expérience. Presque tous supposèrent que l'imprégnation pouvait avoir lieu dans tous les cas où les spermatozoïdes arrivaient vivants au contact de l'œuf, sans se préoccuper si cet œuf était toujours apte à recevoir l'influence fécondante du sperme. Aussi voit-on les physiologistes soutenir les opinions les plus diverses sur le lieu de la fécondation. Les uns prétendent qu'elle s'opère dans la matrice, d'autres dans les oviductes ou dans l'ovaire; il en est enfin qui pensent qu'elle peut s'accomplir tour à tour dans l'un ou l'autre de ces organes, suivant que l'époque du coït est plus ou moins rapprochée du moment de la déhiscence.

Or, il résulte des nombreuses expériences de M. Coste sur les oiseaux et les mammifères, que le germe s'altère très-promptement dans l'œuf, après la rupture de la vésicule ovarienne. Il suit de là que la fécondation ne peut jamais avoir lieu que très-près de l'ovaire ou dans l'ovaire lui-même. Sur un œuf de poule pris à l'extrémité de l'oviducte au moment de la ponte, c'est-à-dire vingt-quatre heures environ après la déhiscence, la cicatricule était tellement altérée, qu'elle avait dégénéré en gouttelettes muqueuses et n'offrait plus la moindre trace de fécondation. En prenant ainsi successivement des œufs aux diverses périodes de leur évolution dans toutes les parties de l'oviducte, M. Coste a constamment observé une altération notable de la cicatricule. C'est à peine si au niveau du pavillon on peut la rencontrer intacte.

M. Coste s'est d'ailleurs assuré par expérience que chez la poule les spermatozoïdes mettent douze heures à parcourir la distance qui sépare l'entrée de l'oviducte de l'ovaire. Il a également observé que, dix-huit heures environ après chaque ponte, un nouvel œuf se détache de l'ovaire. En provoquant l'accouplement douze heures avant ce moment, on est donc à peu près sûr que le sperme rencontrera l'ovule très-peu de temps après sa chute. Or, chaque fois que l'expérience s'est accomplie dans ces conditions, le premier œuf pondu a toujours été inféconds, tandis que les cinq ou six qui suivaient étaient constamment féconds. C'est là une preuve évidente que la fécondation chez les oiseaux s'opère exclusivement dans l'ovaire.

Cette expérience est beaucoup plus difficile à faire chez les mammifères. Car, chez ces derniers, les femelles ne sont disposées à s'accoupler que pendant le travail de la déhiscence. Dès que l'œuf s'est détaché de l'ovaire, le rut cesse et les femelles repoussent obstinément le mâle. Cependant, à force de multiplier les épreuves, M. Coste est parvenu à provoquer l'accouplement après la déhiscence. Dans ce cas, il n'y a jamais eu de fécondation. Le sperme est arrivé jusqu'à l'ovaire en passant sur les ovules, sans qu'on ait jamais pu constater la présence d'un seul spermatozoïde sur le vitellus ou même dans l'albumen. C'est probablement cet albumen qui oppose une barrière infranchissable aux spermatozoïdes. Quant au germe, il se décompose bientôt et ne subit jamais la segmentation. La conséquence à déduire de ces faits,

(1) Si l'on en croit le fait rapporté par Hunter, la fécondation artificielle aurait été tentée avec succès chez la femme. Un homme atteint d'hypospadias aurait rendu sa femme enceinte en lui injectant dans le vagin du sperme qu'il venait de recevoir dans une seringue (Brachet et Fouilhou, *Éléments de physiologie*). Il est d'ailleurs évident que l'hypospadias ou l'épispadias ne peuvent devenir une cause de stérilité que dans le cas où l'orifice uréthral se trouve placé trop loin vers la racine de la verge. Dans ce cas, en effet, le sperme est épanché au dehors et ne pénètre pas dans le vagin.

Digitized by Google

c'est que la fécondation, chez les mammifères, doit, comme chez les oiseaux, s'accomplir normalement dans les ovaires, et que, si elle a lieu quelque part dans l'oviducte, ce ne peut être que dans le quart supérieur de ce canal et dans le pavillon qui le termine. Dans tout autre point, le germe enveloppé par l'albumen ne peut plus être atteint par les corpuscules fécondants du sperme.

Tout, sans compter l'analogie, concourt à prouver qu'il en est de même dans l'espèce humaine. Le fait des grossesses abdominales est à lui seul un argument sans réplique. Dans ces cas malheureux, il est en effet hors de doute que la fécondation a eu lieu dans l'ovaire, puisque l'œuf est tombé fécondé dans l'abdomen avant d'avoir pu pénétrer dans le pavillon.

C'est là une loi qui, selon toute apparence, s'applique à toutes les espèces à fécondation interne. Il existe, en effet, beaucoup d'animaux chez lesquels une copulation actuelle féconde une génération éloignée ou une succession de générations, dont la trace n'existe même pas encore d'une façon apparente dans l'ovaire. Ainsi, chez le crabe, l'ovaire est à peu près atrophié au moment de la copulation. Ce n'est que six semaines après que les vésicules de Graaf commencent à s'y développer; et la ponte n'a lieu que vers le quatrième mois après le rapprochement sexuel, alors que le sperme est depuis longtemps résorbé par l'ovaire de la femelle.

De même chez certains crustacés, tels que les maïa, le même accouplement féconde deux générations à la fois. La première portée se détache de l'ovaire après l'imprégnation, et passe sous la queue de la femelle pour y subir l'incubation. Pendant que cette première génération se développe, une seconde, qui formait une couche invisible sous la première au moment du rapprochement des sexes, mûrit peu à peu dans l'ovaire, tombe ensuite dans l'oviducte, et vient à son tour sous la queue de l'animal remplacer la première au moment où celle-ci achève d'éclore. Ici l'imprégnation s'opère non-seulement à la surface de l'ovaire, mais dans la profondeur de son tissu.

Chez les gallinacés, les palmipèdes et les oiseaux en général, plusieurs œufs sont ainsi fécondés dans l'ovaire à divers degrés de maturation. Il en est de même chez les mammifères tels que le porc, le lapin, le rat, etc., dont les portées sont multiples. Les anciens pensaient même qu'une seule approche du coq pouvait féconder une poule pour une année tout entière. Cette erreur fut adoptée comme une vérité par Fabrice d'Acquapendente, dans son ouvrage sur la formation de l'œuf et du poulet, très-remarquable, d'ailleurs, sous d'autres rapports. Le physiologiste de Padoue cherche à expliquer cette fécondité exceptionnelle par la présence d'un organe spécial qu'il avait découvert chez la poule, à la partie postérieure et supérieure du rectum. C'est une espèce de poche connue aujourd'hui sous le nom de *bourse de Fabricius*. Selon lui, le sperme s'accumulait dans cet organe, et y fécondait les œufs à mesure qu'ils traversaient ce compartiment de l'oviducte. Harvey, qui avait observé par lui-même, se croit autorisé à soutenir cette opinion de Fabrice d'Acquapendente. Après lui, Haller, Dionis et Buffon lui-même la répètent sans la discuter. De nos jours, enfin, Burdach a admis que le vingtième œuf pondu par une poule après la copulation était encore fécond. Il est inutile d'insister sur l'opinion de Fabrice d'Acquapendente. Les expériences que nous avons rapportées précédemment suffisent amplement pour la mettre à néant.

Quant à l'assertion plus modérée de Burdach, M. Coste a essayé de la vérifier en faisant ses recherches sur le lieu de la fécondation. Il s'est assuré, par des expériences multipliées, que, chez les oiseaux, la fécondation n'étend jamais son influence au delà de quinze à dix-huit jours, et n'atteint jamais plus de cinq à sept œufs. Après ce terme, toutes les pontes sont infécondes, à moins que les femelles ne soient de nouveau mises en rapport avec le mâle. Mais ces expériences, loin d'infirmer le fait de la fécondation dans l'ovaire, le vérifient au contraire d'une manière éclatante. Car le nombre des œufs fécondés par une seule approche coïncide précisément avec celui des vésicules développées dans l'ovaire par le travail de l'ovulation. En ouvrant les poules douze heures après le coït, M. Coste a toujours observé six ou sept œufs fécondés dans l'ovaire. Ces œufs ne sont pas tous également développés. Tandis que le plus gros est sur le point de pénétrer dans l'oviducte, le plus petit a à peine atteint la grosseur d'une petite noisette.

Chez les abeilles, la fécondation ovarienne est encore très-manifeste. Un seul rapprochement suffit pour féconder tout un essaim. Les œufs pondus par la reine pendant les onze premiers mois après sa rentrée dans la ruche donnent naissance à des femelles, tandis que la dernière série de pontes qui a lieu le douzième mois ne produit que des mâles.

Chez les insectes et les mollusques gastéropodes, dont la semence est tenue en réserve dans la poche copulatrice de la femelle, la fécondation s'opère aussi dans l'ovaire. Il faut absolument que le sperme quitte à un moment donné la poche copulatrice pour aller à la rencontre de l'œuf; sans cela on ne pourrait expliquer la pénétration des spermatozoïdes dans l'œuf. Car lorsque celui-ci arrive dans la poche copulatrice longtemps après la déhiscence, il est entouré d'une enveloppe solide qui le rend complétement imperméable. Ce n'est donc jamais dans cette poche que la fécondation a lieu. Comme le fait observer avec raison M. Gratiolet, le sperme ne séjourne dans ce réservoir que pour y opérer sa propre maturation. C'est là seulement qu'il se liquéfie, et que l'on peut constater les mouvements des spermatozoïdes, immobiles au moment de la copulation.

Quand les spermatozoïdes sont parvenus au contact de la membrane vitelline, ils la traversent et y restent enfermés avec le jaune. M. Coste a vu ce phénomène s'opérer chez le lapin vingt heures après la déhiscence. Il s'en introduit toujours plusieurs, ce qui pourrait faire supposer la possibilité d'une paternité mixte dans le cas où

Digitized by Google

deux mâles approcheraient successivement la même femelle.

Comment se fait cette pénétration? Est-ce là un simple phénomène physique comparable à l'osmose de Dutrochet, ou bien y a-t-il, comme dans la graine des végétaux, un véritable micropyle par où pénètre la semence? Malgré les travaux des physiologistes à ce sujet, la question reste indécise; car ce micropyle, s'il existe, est extrêmement difficile à découvrir. Pourtant M. Keber l'a constaté très-distinctement sur la membrane vitelline chez l'unio et l'anodonte. M. Coste a pu l'apercevoir aussi sur l'œuf de certains poissons osseux, tels que le saumon, la truite, l'épinoche. Chez ces animaux, le pertuis s'oblitère peu à peu et il a tout à fait disparu quelques jours après l'imprégnation. Quoi qu'il en soit, on n'a jamais pu voir le spermatozoïde s'introduire par le micropyle. Le sperme n'en pénètre pas moins de façon ou d'autre dans la cavité de la membrane vitelline. Le jaune ainsi imprégné de spermatozoïdes ne tarde pas à se modifier d'une manière sensible. Alors la segmentation a lieu, et le mélange des deux substances devient de plus en plus intime, jusqu'à ce qu'elles se confondent en une masse unique qui constitue l'embryon.

Cette imprégnation réciproque de la cellule mâle et de la cellule femelle, pour constituer l'organisme nouveau, explique les ressemblances entre les parents et leurs enfants. Les atomes organiques s'unissent l'un à l'autre comme les molécules de deux corps isomorphes pour produire un cristal de même forme. De là l'héritage de force ou de faiblesse, de santé ou de maladie que les parents transmettent à leur progéniture. « C'est là, dit M. Coste, une considération sur laquelle on ne saurait trop insister, afin d'éveiller chez les conjoints le sentiment de leur responsabilité. » Les anciens, qui n'avaient pas puisé le mépris de la chair à l'école du christianisme, faisaient grand cas de l'esprit; mais ils s'attachaient en même temps à développer la beauté physique et la force musculaire. A Sparte et à Rome, les convenances physiologiques étaient toujours bien observées : on voulait avant tout de beaux enfants pour la république. Chez nous, au contraire, on se soucie généralement assez peu de marier des crétins ou des phthisiques, pourvu qu'on accouple des écus. Il vaudrait mieux faire des hommes. — F. Teule.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### CONFÉRENCE DE M. PAYEN,
(de l'Institut.)

### L'éclairage au gaz.

Vendredi dernier, M. Payen a fait une longue conférence sur l'éclairage au gaz. Jusqu'en 1500, l'éclairage public était tout à fait inconnu en France, même à Paris, et l'on comprend combien un pareil état de choses était contraire à la sécurité publique. A cette époque, on ordonna à tous les bourgeois de Paris d'allumer des chandelles à leurs fenêtres pendant la nuit pour éclairer tant bien que mal la voie publique; mais ce remède était bien insuffisant pour mettre un terme aux crimes nocturnes qui désolaient nos cités. A sept heures, le couvre-feu avertissait tout le monde de rentrer chez soi, et l'on se barricadait de son mieux pour se mettre à l'abri des voleurs. Vers 1662, les chandelles furent remplacées par des lanternes, et en 1759 on avait mis au concours l'éclairage à l'huile de toute la ville de Paris : c'est Sangrin qui remporta le prix. L'Angleterre n'employait encore à cette époque que des huiles de poisson mal épurées, bien inférieures aux huiles françaises du même temps. Enfin, en 1798, un Francais, nommé Philippe Lebon, prit un brevet pour l'éclairage au gaz. C'est seulement en 1810 que l'Anglais Windsor fit ses premiers essais. Bien que ses compatriotes lui aient élevé une statue en le proclamant l'inventeur de l'éclairage au gaz, c'est bien certainement à la France que revient l'honneur de cette découverte. En 1799, Lebon présenta à l'Académie un mémoire qui donne presque tous les détails essentiels de l'éclairage au gaz et indique même les moyens d'exécution. Son œuvre l'enthousiasmait tellement, qu'en écrivant à ses concitoyens de la Haute-Marne, il leur promettait d'éclairer comme en plein jour le chemin menant de son village à Paris. Cela, en effet, était possible. Malheureusement Philippe Lebon voulut trop entreprendre à la fois : il essaya de produire en même temps le chauffage et l'éclairage, et il exposa un appareil nommé thermo-lampe, qui atteignait plus ou moins ce but. Le gouvernement lui ayant accordé une concession importante dans la forêt de Rouvray, il y fit à la fois du charbon de bois, du gaz d'éclairage et du goudron, qu'il expédiait au Havre pour les services de la marine. Mais ses concurrents lui suscitèrent une foule d'ennuis; ils prétendaient, — malheureusement avec raison, — que son goudron ne valait pas celui des pins du nord. Lebon vint à Paris pour répondre à ces accusations et solliciter du gouvernement les fonds nécessaires à la réalisation en grand de ses projets d'éclairage au gaz, et il y mourut presque aussitôt après son arrivée, en 1804, assassiné dans les Champs-Élysées au milieu des fêtes du sacre.

Après sa mort, tout le monde s'occupa de sa découverte. M. de Chabrol fit bientôt établir une usine à gaz, mais le développement de cette industrie fut longtemps arrêté chez nous par l'exemple de l'usine anglaise de Mardock, qui ne donnait pas plus de 2 à 3 pour 100 à ses actionnaires, quoique la houille et la fonte fussent bien moins chères en Angleterre qu'en France. Au delà de la Manche, les progrès furent aussi très-lents, parce que la nouvelle industrie était en butte aux persécutions de tous les fabricants d'huile qu'elle menaçait de déposséder. D'ailleurs, dans le principe, le gaz était plus coûteux que l'huile, mais il fournissait beaucoup plus de lu-

Digitized by Google

mière, et c'est ce qui le fit définitivement triompher, surtout à Londres. La comparaison entre les magasins éclairés au gaz, resplendissant de lumière, et ceux éclairés à l'huile, qui restaient dans une véritable obscurité relative, cette comparaison décida tout le monde, et l'huile fut proscrite.

Voyons maintenant l'état actuel de cette industrie, qui a dû beaucoup se perfectionner depuis son origine, car elle n'a pas donné lieu en France seulement à moins de quatre mille brevets d'invention ou de perfectionnement.

Une flamme éclairante est toujours constituée par des gaz carbonés et hydrogénés, au milieu desquels se précipite du charbon en poudre porté à une très-haute température, et par conséquent lumineux. Il est facile de montrer que la lumière de la flamme est due à un dépôt de poudre de charbon incandescente. En effet, la flamme de l'hydrogène pur est si pâle, qu'on l'aperçoit à peine; mais si, avant d'enflammer ce gaz, nous le faisons passer dans un carbure d'hydrogène très-volatil, comme la benzine, la flamme devient aussitôt très-brillante, parce que le gaz hydrogène, en barbotant dans ce liquide carburé, en a entraîné quelques parcelles à l'état de vapeur. La flamme du gaz d'éclairage présente les mêmes phénomènes.

La combustion du gaz d'éclairage comme celle de toutes les matières combustibles produit de l'oxyde de carbone, gaz très-vénéneux brûlant avec une flamme bleuâtre, et qu'on peut facilement remarquer dans tous nos foyers. Quand le carbone est en excès relativement à l'oxygène de l'air, il se produit toujours beaucoup d'oxyde de carbone; mais cela n'a pas d'inconvénient dès que cet oxyde de carbone est brûlé, parce qu'il se transforme alors en acide carbonique, gaz beaucoup moins dangereux, bien qu'il le soit encore. Aussi y a-t-il le plus grand danger à gêner ou arrêter le tirage d'une cheminée, parce que l'oxyde de carbone, incomplétement brûlé, est rejeté alors dans l'appartement, où il peut occasionner très-rapidement la mort des personnes qui s'y trouvent. C'est ce qui arrive très-fréquemment à Paris, surtout avec les poêles, parce qu'on ferme la clef lorsque la pièce est suffisamment chauffée, pour diminuer le tirage et faire ainsi une économie de charbon, tout en entretenant le feu. Pour couper court à toutes ces imprudences, le conseil de salubrité de Paris a fait prendre un moyen héroïque, c'est de disposer les clefs des poêles de façon qu'il soit impossible de les fermer complétement. Malheureusement il reste toujours à compter avec les fraudes des constructeurs, que la surveillance de l'administration ne parvient pas toujours à prévenir.

Le coke s'amoncelait autrefois dans les cours des usines à gaz, qui ne savaient comment s'en débarrasser, parce que les fragments étaient trop gros pour les petits foyers qu'on emploie d'ordinaire. Un ouvrier, dont le nom ne nous est pas connu, eut l'idée de concasser ces fragments et de les répartir en morceaux de six grosseurs différentes, depuis le n° 0 jusqu'au n° 5. Ce travail s'exécute ainsi au moyen de machines avec autant de facilité que d'économie, et nos usines à gaz tirent maintenant un grand bénéfice de ce qui n'était autrefois pour elles qu'une cause incessante d'embarras. Ce sont les plus petits morceaux ainsi préparés, les grésillons, qui servent dans l'appareil imaginé tout récemment pour le chauffage du fer à repasser. Plus de 100 000 individus, à Paris seulement, se servent journellement de fers à repasser dans l'exercice de leur profession. Ces fers, ils les chauffent presque toujours dans de petits fourneaux à hotte d'un très-faible tirage, amenant généralement un développement considérable d'oxyde de carbone. D'un autre côté, les fers, mis immédiatement en contact avec le charbon incandescent, s'oxydent très-vite, et les ouvriers sont à tout moment sur le point de se défigurer par les brûlures cuisantes que peut amener la moindre maladresse. Cette seule indication peut faire comprendre toute l'importance qu'il y aurait à éviter ces inconvénients, et l'on peut dire que l'appareil dont nous parlons y est arrivé d'une manière complète.

La fabrication du gaz d'éclairage consiste d'abord dans la calcination de la houille en vase clos. On emploie aujourd'hui, pour cette opération, des cornues de terre qui coûtent moitié moins cher que les cornues de fonte, et durent deux fois plus longtemps, tout en permettant de chauffer davantage. Elles ont 2$^{m}$,30 de long, et contiennent environ 100 kilogrammes de charbon chacune. On met 7 mètres dans chaque berceau de voûte, qui fournit ainsi 24 mètres cubes de gaz à peu près pendant les trois ou quatre heures que dure aujourd'hui la fabrication de chaque jour. Au sortir des cornues, le gaz traverse des barillets où il barbote dans le goudron qui ne tarde pas à s'y déposer, et il passe ensuite dans les réfrigérants, disposés comme des tubes en U, où il se débarrasse d'une partie de ses impuretés. Parmi ces impuretés se trouve notamment de l'acide sulfhydrique, qui a la propriété de noircir les blancs de plomb souvent employés dans nos peintures, tandis que les blancs de zinc ne présenteraient pas cet inconvénient. Ajoutons que la fabrication des premiers offre beaucoup de dangers pour les ouvriers qui s'y livrent, tandis que celle des seconds n'en présente aucun. Les sels de plomb sont, en effet, très-dangereux, et toutes les personnes habitant le château de Claremont avec le feu roi Louis-Philippe ont été ainsi empoisonnées par de l'eau de pluie qui traversait des tuyaux de plomb. M. Payen a eu occasion de s'assurer, auprès de M. Guéneau de Mussy, médecin de la famille royale, que tous les symptômes de l'empoisonnement par le plomb s'étaient produits dans ce cas.

Pour épurer le gaz, on le fait passer sur du peroxyde de fer hydraté naturel ou artificiel, qui retient l'acide sulfhydrique; auparavant, on employait un lait de chaux, qui était à la fois plus coûteux et moins commode.

Digitized by Google

L'opération telle qu'elle est conduite aujourd'hui, de l'eau et du soufre mélangé avec du protoxyde de fer, qu'on ramène à l'état de peroxyde en l'étendant à l'air pendant quarante-huit heures, de telle sorte que la même quantité de matière peut servir plus de cent fois de suite. Dans ces derniers temps, on est même parvenu à utiliser le soufre mélangé au protoxyde de fer, pour la fabrication de l'acide sulfurique.

Après cette opération, le gaz d'éclairage contient encore du sulfhydrate d'ammoniaque et des carbures d'hydrogène, dont on le débarrasse en Angleterre en le faisant passer au-dessus d'un foyer avec une plaque de fonte interposée. Le gaz arrive enfin dans de vastes réservoirs nommés gazomètres : les derniers construits atteignent des dimensions vraiment colossales, jusqu'à 75 000 mètres cubes de capacité intérieure.

Le mélange de l'air et du gaz d'éclairage peut constituer un mélange explosif, et produire alors des accidents. Les explosions sont beaucoup moins fréquentes en Angleterre qu'en France; elles tiennent surtout, chez nous, à ce que les tubes conducteurs étaient souvent renfermés dans des espaces clos, où la moindre fuite amenait la formation d'un mélange explosif. Le Conseil de salubrité a fait décider que tous les tubes seraient apparents; malheureusement, après la pose des tubes, dont les compagnies sont responsables, le consommateur fait souvent exécuter des travaux qui engendrent les mêmes inconvénients. D'un autre côté, la ventilation est bien mieux faite en Angleterre qu'en France, et la grande quantité de fumée que produisent les houilles anglaises est sans doute pour quelque chose dans ce soin. Aussi les Français trouvent-ils qu'il est impossible de se chauffer en Angleterre, et qu'on y est partout exposé aux courants d'air. Les courants d'air sont sans doute une mauvaise chose, mais l'absence de ventilation n'est pas meilleure.

M. Payen expose ensuite les différents systèmes de becs employés pour augmenter la quantité de lumière produite, ainsi qu'une autre méthode arrivant au même but, et consistant à échauffer l'air avant son contact avec le gaz, en le faisant passer dans une double enveloppe de verre entourant la cheminée, et affectant, du reste, des formes diverses. Puis il examine l'application de l'éclairage au gaz aux rampes des théâtres, et les accidents qu'il occasionne, bien qu'on ait successivement abaissé les becs fort au-dessous du plancher de la scène, en renvoyant leur lumière au moyen de réflecteurs métalliques, qui en absorbaient évidemment une bonne partie. Ces accidents tiennent à ce que certains filets d'air surchauffés s'élèvent rapidement, sans se mélanger avec les autres, et peuvent ainsi enflammer des étoffes légères à une hauteur où la chaleur résultant de tous les filets d'air est très-supportable pour la main. MM. Lecoq et Melon ont construit pour l'Opéra, sur les indications d'un ancien instituteur, M. Soubra, une rampe qui permet d'éviter tous ces inconvénients : leur système consiste à renverser les becs en faisant le tirage par le bas, ce qui rend évidemment impossible l'élévation rapide de filets d'air chaud. On a pu ainsi remettre la rampe au niveau du plancher, de telle sorte qu'elle éclaire beaucoup plus que l'ancienne.

M. Payen a eu l'occasion de voir, il y a peu de temps, la nouvelle rampe établie sur un des côtés de la scène, tandis que l'ancienne avait été conservée dans l'autre moitié. La différence de lumière était telle que les acteurs, en passant d'un côté de la scène à l'autre, semblaient changer de vêtements. Aujourd'hui, un accident occasionné par l'ancienne rampe a déterminé l'administration de l'Opéra à faire exécuter immédiatement l'autre moitié de la nouvelle. Il restait bien un inconvénient qui se révéla dans les essais préliminaires : c'est que si la cheminée de verre venait à se casser, le tirage du bas étant supprimé, la flamme se retournait aussitôt, prête à tout incendier. Mais on a évité ce danger par un ingénieux mécanisme, combiné de telle sorte que la rupture d'une cheminée de verre amène aussitôt la fermeture du tube à gaz correspondant, et supprime par conséquent la flamme.

## BULLETIN DES COURS.

Les Facultés des sciences et des lettres de Clermont viennent d'organiser dans cette ville des lectures publiques qui ont été inaugurées par les doyens des deux Facultés, MM. Aubergier et Olleris.

La première lecture a été faite par M. Aubergier, doyen de la Faculté des sciences, qui avait pris pour sujet l'histoire de l'air au point de vue physique et au point de vue chimique. Le sujet ne pouvait être plus heureusement choisi pour une pareille inauguration, et il devait doublement intéresser les habitants de l'Auvergne : on sait, en effet, que c'est Pascal, ce grand génie né à Clermont, qui a mis hors de doute la pesanteur de l'air par toute une série d'expériences, dont une des principales fut exécutée sur ses instructions par son beau-frère Périer, au sommet du Puy-de-Dôme. Le professeur a lu les passages les plus intéressants de la correspondance échangée entre Pascal et Périer à l'occasion de cette grande question. L'illustre et malheureux auteur de l'*Analyse chimique de l'air*, Lavoisier, doit être également cher aux habitants de Clermont, et surtout à la Faculté des sciences, car elle est dépositaire de sa collection minéralogique, donnée à la ville par M. et madame de Chazelles, qui l'avait recueillie dans la succession de sa veuve. Le professeur a su habilement tirer parti de ce sujet si vivement empreint de couleur locale, et son nombreux auditoire le lui a prouvé par les plus vifs applaudissements.

Quelques jours après, M. Olleris, doyen de la Faculté des lettres, a fait une remarquable conférence sur les Arvernes, dont nous rendrons compte dans la *Revue des cours littéraires*.

La première année de la Revue des cours scientifiques forme un fort volume in-4° de 300 pages, et se vend au bureau du journal, broché : 15 francs, relié en maroquin, pour étrennes, 20 francs.

Mêmes prix pour la première année de la Revue des cours littéraires.

Les deux volumes pris ensemble coûtent, brochés, 26 francs, et reliés, 36 francs.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 6. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 7 JANVIER 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

SOMMAIRE.

**Académie des sciences. — Société de médecine pratique.**

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie.** — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : Leçon d'ouverture. Comment il faut entendre aujourd'hui l'étude de la zoologie.

ÉCOLE PRATIQUE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE. — **Philosophie médicale.** — Cours de **M. Hiffelsheim** : Du matérialisme et du spiritualisme en médecine.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : De l'alcool ordinaire.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique.** — Cours de **M. Becquerel** : Attraction et cohésion.

**Bulletin des cours.** — Histologie : M. CH. ROBIN. — Pathologie générale : M. AXENFELD. — Matières premières de l'industrie : M. GRANDEAU.

Paris, 6 janvier 1864.

L'Académie des sciences vient de renouveler son bureau. M. Decaisne, professeur de culture au Muséum d'histoire naturelle, devient président pour l'année 1865, et M. Laugier, l'astronome, a été nommé vice-président.

Nous signalerons seulement à l'attention de nos lecteurs la présentation par M. H. Sainte-Claire Deville d'un remarquable travail de M. Berthelot sur la fermentation alcoolique, où les quantités de chaleur dégagées dans les combinaisons chimiques ont été indiquées avec soin. Cette note touche par plusieurs côtés aux questions traitées par M. H. Sainte-Claire Deville dans les conférences que nous avons publiées dans les numéros des 10 et 31 décembre dernier.

Depuis près d'un mois, les comités secrets empiètent de plus en plus sur les séances publiques de l'Académie. On prétend qu'il s'agit d'élire un nouveau membre pour remplir le fauteuil qui se trouve vacant. M. le colonel Favé, aide de camp de l'Empereur, se mettrait, dit-on, sur les rangs, et la discussion des titres paraîtrait devoir être très-laborieuse. Mais M. Foucault, l'illustre physicien astronome que tout le monde connaît, doit se présenter pour ce fauteuil, et nous supposons que M. le colonel Favé se retirera devant une candidature qui se recommande assez d'elle-même pour n'avoir pas besoin d'être prônée.

M. Elleaume a communiqué à la *Société de médecine pratique* l'observation d'un cas très-curieux. Il s'agit d'une jeune femme récemment mariée qui possède des ovaires et des seins régulièrement développés, mais n'a ni vagin ni utérus. M. Caron s'élève à ce sujet contre la tendance des familles à considérer le mariage comme une simple affaire d'intérêt ou de position, et il désirerait que les médecins fussent toujours consultés sur l'état et la compatibilité physiologiques des futurs époux. Il croit, du reste, qu'il y aurait lieu à nullité du mariage dans le cas observé par M. Elleaume. Tel n'est pas l'avis de M. Legrand du Saulle, qui entre, à ce sujet, dans la discussion de quelques théories juridiques très-fécondes, du reste, en controverses, mais dont il nous paraît avoir exagéré la rigueur. Sans doute, la loi française exige qu'il y ait erreur dans la personne pour admettre la nullité du mariage ; mais c'est un principe de droit en même temps que de bon sens, qu'il faut apprécier chaque expression d'après l'ordre d'idées dans lequel on l'emploie, *secun-*



Digitized by Google

Crustacés; leur coquille, leur manteau et l'incurvation *dum subjectam materiam*. Or, la femme en question est-elle *mariable?* Évidemment non, puisqu'elle est complétement incapable d'atteindre le but principal du mariage. Son mari se trouve donc induit dans une erreur tout aussi essentielle que s'il avait épousé un homme, et il y a dès lors erreur sur la personne, *secundum ordinem matrimonii*. M. Legrand du Saulle a saisi cette occasion pour rappeler l'immoralité et les abus qu'entraînait avant 1789 le mode d'exploration légale connu sous le nom de *congressus juridicus*. Mais tout cela n'a aucune importance dans le cas présent, puisque rien n'est plus facile à vérifier avec certitude que la difformité physique observée par M. Elleaume. Enfin, il est vrai que le Code refuse de prendre en considération l'impuissance ou la stérilité. Mais quel rapport peut-on trouver entre ces infirmités, souvent guérissables, toujours très-difficiles à constater, admettant d'ailleurs du plus et du moins, et une absence des organes les plus indispensables de la femme au point de vue du mariage? Comment imaginer surtout que prendre aujourd'hui en considération un fait aussi grave, c'est être conduit demain, comme on l'a prétendu, à casser un mariage pour une chose aussi fugitive et aussi variable que ce qu'on est convenu d'appeler l'*impuissance nerveuse*. Ne nous laissons pas égarer par le mot de *qualités :* les jurisconsultes ont toujours reconnu qu'il y a dans chaque chose des qualités indispensables constituant son essence même, et lorsque la femme est privée de quelqu'une de ces qualités indispensables, elle perd évidemment pour un mari son caractère de femme; quand même elle le conserverait aux yeux du physiologiste.

Émile Alglave.

---

Une erreur typographique s'est glissée dans notre dernier numéro. Au moment même de mettre sous presse, on a intercalé au milieu du *premier-Paris* le titre de la leçon de M. Coste qui devait figurer dans le sommaire. C'est ainsi qu'on nous a fait parler de la fécondation de l'ammoniaque, et nos lecteurs supposent bien que nous n'avons pas voulu dire pareille chose.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ZOOLOGIE.

COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

**Leçon d'ouverture. — Comment il faut entendre aujourd'hui l'étude de la zoologie.**

Dans toutes les sciences, — et les sciences naturelles ne font pas exception, — on rencontre deux ordres de travailleurs : les uns s'attachent aux travaux qui peuvent entourer leur nom de célébrité; les autres, recherchant moins l'éclat de la renommée, affectionnent les sujets obscurs et fouillent tranquillement la science, attendant que leurs travaux les fassent juger : M. Lacaze-Duthiers est de ces derniers. En s'adressant à un auditoire pour une partie duquel son nom est peut-être tout à fait inconnu, il éprouve le besoin de dire comment il entend l'étude de la zoologie, et quel sera l'esprit de ses leçons; en un mot, de faire sa profession de foi.

Pour certains zoologistes, la classification semble être le but de la science : cela serait vrai, en effet, si un animal pris dans la classification se trouvait parfaitement défini par la position qu'il y occupe; mais peu de classifications en sont là. Pour classer un être, il faut étudier ses rapports avec les autres êtres; or, pour comparer, il faut connaître les objets que l'on compare, d'où la nécessité d'étudier dans l'animal tous ses actes qui ont pour but, soit la conservation de l'individu, soit la conservation de l'espèce: Pour arriver à cet ensemble de connaissances, le zoologiste a besoin d'être à la fois anatomiste, physiologiste, et, de plus, biologiste : ce dernier mot exprimant qu'il doit connaître aussi quelles sont les conditions d'existence dans lesquelles les animaux sont habituellement placés. Il est facile de démontrer la vérité de cette assertion par quelques exemples bien choisis, le simple exposé des faits étant préférable à tous les raisonnements en pareille matière.

Supposez que l'Éléphant ne fût point connu, et qu'un naturaliste, observant le premier cet animal et faisant sa description, prît la trompe pour une queue : cette supposition pourra paraître gratuite ou ridicule, et cependant une confusion aussi prodigieuse a été déjà faite. Il existe en effet, sur les bords de la Méditerranée, un animal singulier que Rolando a décrit le premier sous le nom de *Bonnellie;* sa forme est ovoïde et il est muni d'une sorte de longue trompe, bifide à son extrémité: eh bien, Rolando a pris la trompe de cet animal pour une queue et sa bouche pour l'anus. S'il avait fait des études anatomiques, physiologiques et biologiques sur la Bonnellie, ce savant se fût bien vite aperçu que cette prétendue queue n'était qu'une trompe couverte de cils vibratiles dont l'animal se sert pour rechercher les matières alimentaires à l'état de particules, et pour les porter à sa bouche. Voici un autre exemple: On trouve encore aux bords de la mer des sortes de cupules calcaires dont la forme rappelle celle du gland; et qu'à cause de cette ressemblance on a nommées *Glands de mer* ou *Balanes* : la coquille des Moules en est souvent couverte. Que sont ces animaux? Le professeur lit un passage d'un rapport de M. Serres sur un mémoire remarquable de M. Martin Saint-Ange au sujet de ces Balanes, passage qui montre bien l'embarras du zoologiste à classer ces animaux : la nature et la disposition de leurs membres et de leurs antennes devraient les faire ranger parmi les

Digitized by Google

de leur tête, parmi les Mollusques; l'absence de cœur, parmi les Annélides. M. Serres en conclut avec raison que leur position dans la série animale est encore à déterminer. Le doute était donc complet à l'époque du mémoire de M. Martin Saint-Ange, et ne pouvait être levé que par des observations subséquentes. Cette observateur, qui n'avait étudié les Glands de mer qu'au point de vue anatomique, les considérait, timidement il est vrai, comme des Crustacés établissant le passage aux Annélides. Cuvier en fit des Mollusques. Mais, en 1830, Thomson, ayant réuni dans un vase à observation de tout petits animaux munis d'une coquille bivalve, qui rappellent les Daphnies, crustacés vivant dans les eaux douces, fut fort étonné de ne plus trouver dans son vase, au bout d'un certain temps, que de petites Balanes; il en conclut qu'à une époque de leur existence, les Balanes avaient été libres. Enfin, en 1851, l'Anglais Bate reprit l'étude des Glands de mer, observa leur développement et leurs métamorphoses. Les divers changements que subissent de véritables Crustacés pour arriver à être ces singulières Balanes sont exposés avec détail dans un long ouvrage de M. Darwin, l'auteur du livre récent et si célèbre sur la permutation des espèces. Trois périodes de développement sont à distinguer : dans la première, l'animal est libre et a tous les caractères d'un Crustacé ; dans la seconde, il se prépare à se fixer, il s'entoure de deux valves, et une paire de ses antennes se creuse en cupules ou ventouses ; bientôt enfin ces ventouses présentent dans leur intérieur des canaux ramifiés portant une sécrétion calcaire qui s'échappe tout autour d'elles et constitue une masse solide qui les fixe. Les Anatifes, animaux très-voisins des précédents, présentent des phénomènes tout semblables. Ceux-ci se fixent aussi, mais par des bases très-longues et cartilagineuses, dont le développement est si rapide, que M. Lacaze-Duthiers a vu, au port de la Calle, des bateaux corailleurs rentrer, après quinze jours d'absence, portant sur leurs coques de jeunes Anatifes qui n'y étaient point au départ et dont le pied avait déjà plus d'un centimètre de longueur. Les Anatifes et les Balanes constituent aujourd'hui une classe particulière de Crustacés, les Cirripèdes ; et si Cuvier avait pris les Balanes pour des Mollusques, cette erreur était la conclusion logique d'une série d'observations de cabinet faites à une seule époque de leur existence. Les détails qui précèdent montrent clairement qu'il fallait ici à l'anatomie le secours des études physiologiques.

Il ne s'est agi jusqu'ici que d'animaux invertébrés ; on trouve dans les Vertébrés des exemples de métamorphoses tout aussi inattendues, au point qu'il en est parmi eux qu'on désigne de noms différents, et qui ne sont cependant qu'un seul et même animal. Dans les eaux du nord de la France, en Belgique et en Allemagne, on trouve une petite Lamproie (*Petromyzon*), et aux mêmes endroits, tout à côté, des êtres analogues appelés *Ammocètes branchiales*. M. Auguste Müller, voulant étudier le développement des Poissons cyclostomes, songea aux Ammocètes, qu'il lui était facile de se procurer; il les observa longtemps, et reconnut que ces animaux conservaient toujours la même taille, ne présentaient pas de mâles et ne renfermaient que des œufs toujours transparents. Prenant, d'un autre côté, la Lamproie (*Petromyzon Planeri*), il réussit à obtenir des fécondations artificielles; il suivit le développement des œufs ainsi que celui des embryons pendant vingt-cinq mois, et il constata définitivement que ces jeunes Lamproies présentaient tous les caractères des Ammocètes; qu'à l'instar de celle de ces animaux, leur bouche était garnie de cils vibratiles et recouverte d'une sorte de treillis destiné à empêcher l'entrée de particules alimentaires trop considérables. M. Müller revint alors aux Ammocètes, et il les vit perdre ces cils et ce treillis, acquérir de très-grands yeux, tandis qu'auparavant elles n'en possédaient que d'extrêmement petits ; en un mot, offrir tous les caractères du *Petromyzon*. Aussi cet observateur a-t-il pu dire que les Ammocètes doivent être exclues du système, parce qu'elles ont usurpé un faux nom, et rendues à leurs parents comme des mineurs : ce sont des larves de Lamproie, de même que les Têtards sont des larves de Grenouille. La physiologie seule pouvait le montrer. Et de même que M. Gerbe a établi l'identité du Phyllosome avec le jeune Homard, de même il sera peut-être établi un jour que ce fameux *Amphioxus*, désespoir de tous les zoologistes, ballotté par eux d'une classe à l'autre, et en définitive non encore classé, n'est autre chose que la larve d'un autre animal mieux connu.

De nos jours, — personne ne peut se le dissimuler, — l'esprit humain est essentiellement utilitaire ; il cherche au bout de chaque branche de la science l'utilité pratique qui doit y naître : la zoologie peut-elle répondre à ce désir? Observons d'abord qu'il y a deux sortes d'utilités, l'une prochaine, immédiate, et l'autre éloignée. Rien en effet n'est inutile au fond. A l'époque où fut découverte la propriété des sels d'argent de noircir sous l'action de la lumière, on était loin de se douter que cette propriété pourrait un jour faire remuer des millions dans la seule ville de Paris. De même, quand on observe pour la première fois l'action que les courants exercent sur l'aiguille aimantée, qui aurait pu deviner là le germe de cette admirable découverte de la télégraphie électrique, grâce à laquelle on communique sa pensée à des centaines de lieues de distance aussi rapidement que par la parole? En zoologie, il y a des cas tout semblables. Allez sur les bords de la mer, et les marins vous mettront en garde contre des animaux gélatineux, sortes de globes flottants, dont le contact avec la peau produit de vives urtications, et que pour cette raison ils appellent des *Gales* : ce sont les Méduses. Elles ressemblent à des champignons, avec une touffe de filaments au-dessous du chapeau; sont munies de points plus ou moins brillants sur la circonférence de ce chapeau (points oculiformes, que certains auteurs décrivent comme organes auditifs), et nagent dans la mer, animées;

Digitized by Google

pour ainsi dire, d'un mouvement spasmodique. Que sont ces Méduses? d'où viennent-elles? que produisent-elles? Voici ce qui a été découvert à leur égard. On trouve dans la mer des sortes de polypiers plus ou moins régulièrement ramifiés, laissant échapper, à une certaine époque, de petits animaux qui nagent librement, et ne sont autre chose que de jeunes Méduses. Le fait est très-facile à observer, et des Sertulariens, — c'est ainsi qu'on nomme les Polypes en question, — envoyés de Dunkerque par M. Lacaze-Duthiers à MM. Milne Edwards et Valenciennes, ont produit bientôt des multitudes de Méduses dans les laboratoires de ces deux naturalistes. Ces petites Méduses, après avoir nagé pendant un certain temps, tombent au fond et disparaissent : on trouve à leur place des vers ciliés, libres aussi de se mouvoir; ceux-ci se rapprochent bientôt des parois du vase qui les renferme, s'y fixent et prennent la forme d'un disque épaté. Ce disque se soulève en cône à son centre, s'élève peu à peu en une tige qui ne tarde pas à se ramifier et à se couvrir d'expansions cupuliformes tentaculées : on est revenu aux Sertulariens primitivement observés. Est-il nécessaire d'ajouter que Cuvier, n'ayant pas été le témoin de ces curieuses transformations, ne pouvait pas ne pas placer dans des familles distinctes des animaux en apparence si différents? Aussi avait-il établi la famille des Médusaires et la famille des Sertulaires. L'utilité zoologique de la découverte de l'identité de ces deux familles est évidente : c'est une utilité immédiate au point de vue de la science pure; vous allez voir que cette même découverte a eu son application pratique : c'est l'utilité éloignée. Depuis longtemps les bergers ont remarqué que leurs moutons sont quelquefois pris d'une sorte de vertige, par suite duquel leur corps s'anime d'un mouvement giratoire qui finit par les faire tomber : c'est la maladie connue sous le nom de *tournis*. Les vétérinaires, cherchant dans le cerveau la cause de ce mal bizarre, y ont observé un ver qui, en irritant telle ou telle partie de l'encéphale, y produit les mêmes effets que ceux que détermine à volonté le vivisecteur avec la pointe de son scalpel. Qu'était-ce donc que ce ver? d'où venait-il? Ici ne craignez rien, les amateurs des générations spontanées auront bientôt expliqué le fait : le ver en question s'est tout simplement formé de toutes pièces dans le cerveau du mouton, et il n'y a pas longtemps qu'on citait encore cet animal comme une excellente démonstration de l'hétérogénie. Cependant la parenté évidente qui venait d'être découverte entre les Sertulariens et les Méduses avait vivement excité l'attention des naturalistes, et l'on en vint bientôt à se demander si dans ces vers singuliers il n'y aurait point quelque chose d'analogue. Ici nous trouvons des travaux immenses, nombreux, pénibles, et dont voici les résultats remarquables. Le *Cœnure*, ou, pour employer un mot plus général, le *Cysticerque* du cerveau du mouton, a son origine dans l'intestin du chien gardien du troupeau. M. Van Beneden, observant des portions de Ver solitaire de chien, a vu qu'elles se remplissaient d'œufs produisant précisément les Cœnures du mouton; comme contre-expérience, il introduisit dans l'estomac d'un jeune chien, qui n'avait pas à coup sûr le Ténia, un certain nombre de ces Cœnures, et constata bientôt après, en faisant l'autopsie de l'animal, que son corps renfermait un nombre de Vers solitaires égal à celui des Cœnures ingérés. La conséquence saute aux yeux : le Cœnure du mouton et le Ver solitaire du chien sont une seule et même chose. M. Van Beneden a même vu de jeunes vers ciliés nés du Ténia du chien, puis déposés dans les fosses nasales d'un mouton, perforer les muqueuses, et les labourer en tous sens, jusqu'à ce qu'ils arrivent ainsi dans une région où le crâne, percé d'un très-grand nombre de trous, leur permette de s'introduire dans le cerveau. L'utilité pratique de ces découvertes est assez évidente par elle-même, et il suffira de dire que, du jour où ces faits intéressants ont été connus, les vétérinaires allemands se sont attachés à soigner le chien de garde pour guérir le mouton, et débarrasser ainsi les troupeaux d'un mal jusque-là sans remède.

Les zoologistes classificateurs avaient, avec un soin extrême, étudié tous les détails de l'organisation des vers parasites, mais sans rechercher l'origine de ces animaux; comparez maintenant les résultats de leurs recherches à ceux auxquels les zoologistes anatomo-physiologico-biologistes sont parvenus, et voyez de quel côté est l'avantage.

Il est donc indispensable aujourd'hui que le zoologiste soit à la fois anatomiste, physiologiste et biologiste; on peut dire que la zoologie de pure classification a fait son temps et qu'elle s'en va. Ces paroles ne sont point d'ailleurs une critique du temps passé; chaque époque a son genre de travail, et chaque genre de travail a son époque; on peut même ajouter que chaque travail pour chaque époque a son utilité et sa nécessité. Qui voudrait reprocher à Linné de n'avoir point fait de la zoologie anatomique, physiologique et biologique? L'œuvre immense et glorieuse de Linné a été de mettre l'ordre là où il n'y avait que désordre. Linné était nécessaire pour son époque. Cuvier est venu ensuite, et c'est lui qui a introduit l'anatomie dans la science; il a rendu les plus immenses services et légué au monde ce vaste monument du *Règne animal*, qui ne le cède en rien au *Systema naturæ*. Le temps de la physiologie était arrivé; mais Baer alla trop loin, et fit une classification trop physiologique; c'est surtout à M. Milne Edwards qu'on doit l'introduction raisonnée de la physiologie dans l'étude de la zoologie. Nous ne sommes pas encore éloignés de l'époque où l'on reprochait à certains zoologistes de vouloir prendre des organes et des formes tout à fait transitoires pour servir de base à la classification. Or, serait-il aujourd'hui possible de classer les Vers intestinaux en rejetant les notions que fournit l'étude de leur développement et de leurs formes transitoires diverses? Mais pour que les études physiologiques soient bonnes, il est nécessaire d'observer

Digitized by Google

les animaux dans les conditions d'existence où ils se trouvent habituellement placés : aussi la mer est-elle aujourd'hui fort à la mode. Cet entraînement, on en est surtout redevable aux exemples des zoologistes français : Cuvier commença le premier à faire des observations sur les côtes de la Normandie ; mais ce sont MM. Audouin, Milne Edwards, de Quatrefages, etc., qui ont surtout compris la nécessité de ces études sur les lieux mêmes ; et l'un des plus grands physiologistes de l'Allemagne, Müller, entraînait avec lui, à Messine et sur d'autres rivages, des légions d'étudiants qui en rapportaient des travaux dignes d'un tel maître. Si l'on admet que la marche à suivre actuellement dans l'étude de la zoologie est telle que le professeur a cherché à le démontrer, il faut avouer en même temps que le travail du zoologiste est immense, et que chaque observateur ne peut arriver à connaître qu'un bien petit nombre des êtres de la création ; il devra donc creuser des sujets spéciaux en attendant qu'un grand génie, capable de tout embrasser, vienne faire disparaître les individualités et réformer la science. La zoologie est dans une période de spécialisation ; s'adresser à tous les sujets, c'est risquer, presque à coup sûr, d'épuiser inutilement ses forces ; c'est, selon l'expression charmante qu'Amyot applique à l'amitié, *imiter le ruisseau dont les eaux se perdent en se divisant*. La méthode que le professeur vient d'indiquer n'est, du reste, pas nouvelle, témoin ce passage d'Aristote qui aurait pu servir de texte à cette première leçon : « *Ici, comme partout ailleurs, remonter à l'origine des choses et en suivre avec soin le développement, voilà la voie la plus sûre.* » Cette méthode est la seule qui puisse conduire à la solution des grandes questions qui sont à l'ordre du jour : générations spontanées et mutabilité des espèces.

Dans la suite de ces leçons, le professeur se propose d'exposer exclusivement l'histoire des Zoophytes (quatrième embranchement de Cuvier). L'étude de ces animaux inférieurs est intéressante : pour emprunter la belle expression que Linné appliquait aux végétaux, ce sont les plébéiens du règne animal ; ils occupent une place considérable et jouent un rôle immense dans la nature, et constituent à eux seuls d'énormes récifs qui peuvent en peu de temps changer la topographie des mers. On prévoit déjà que les Méduses donneront lieu à des développements tout particuliers ; avec les Protozoaires et les Infusoires on se trouvera en présence de la question des générations spontanées. Un cours commence d'ordinaire par des généralités ; M. Lacaze-Duthiers croit préférable de présenter les faits généraux après les détails : c'est alors une sorte de résumé de ces derniers, et ils font une plus grande impression sur l'esprit. Cependant, pour obéir à l'usage général, le professeur consacrera sa seconde leçon à définir ce que c'est que l'être invertébré, et il montrera que dans l'étude des animaux inférieurs, il faut d'abord se débarrasser de la plupart des notions qu'on peut avoir sur les animaux qui sont au sommet de l'échelle, sous peine de méconnaître des faits positifs ou de les interpréter mal. — IMBARD, élève de l'École normale.

---

## ÉCOLE PRATIQUE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.

## PHILOSOPHIE MÉDICALE.

### COURS DE M. HIFFELSHEIM.

#### Du matérialisme et du spiritualisme en médecine.

Chaque année, je viens vous exposer, en cette première leçon, le résumé des observations que je recueille à ma clinique, et je déduis devant vous les conséquences pratiques qui découlent de leur interprétation. Je vous fais assister ainsi à l'élaboration des matières premières qui fournissent des bases à la partie essentiellement théorique de mon enseignement. Il en doit être ainsi, à mon avis, toutes les fois qu'il s'agit d'un enseignement nouveau, qui a besoin de multiplier ses preuves, avant que de prendre rang et droit de cité dans les sciences officiellement accréditées. Cependant, permettez-moi de rompre aujourd'hui avec mon habitude, en raison de l'espèce d'agitation stérile dont nous sommes témoins depuis peu de temps, agitation qui entraîne les faibles, et leur fait prendre au sérieux ce mot vide de sens : *il y a autre chose que la matière*. Je n'ai pas attendu ces récentes affirmations pour protester hautement. J'espère vous montrer ici que cette autre chose n'est point la conception chimérique des spiritualistes, mais l'*organisation de la matière*.

On est convenu d'appeler *science* un ensemble de faits certains. Mais, qu'est-ce que notre *certitude?*

Permettez-moi de remonter, à ce propos, aux sources premières que l'on ne doit jamais éviter de consulter quand on fonde un édifice qui doit échapper aux hasards des caprices, des modes et du temps.

L'homme qui pense a soif de vérité, c'est-à-dire de posséder certains faits abstraits ou concrets, qui laissent son esprit en repos et le satisfont, sauf à en chercher incessamment de nouveaux. Il est digne de remarque que la possession du vrai, dans l'acception que nous lui donnons, repose sur des exigences et des besoins qui varient à l'infini. Par exemple, les personnes chez lesquelles la faculté de croire est très-développée, trouvent des satisfactions suffisantes dans de simples affirmations tombant du haut d'une autorité constituée de la façon la plus arbitraire. Rien en elles ne discute ni ne met en doute la valeur de ces assertions. L'exercice de cette faculté de *croire* dans chaque cas en particulier se nomme la *foi*. Il est impossible de prévoir chez un homme la limite de cette aptitude. Tel individu, de la manière la plus *inconsciente*, admet purement et simplement que tel fait est possible, probable, presque certain, et tel

Digitized by Google

autre individu, au nom d'une fausse analogie, et quelquefois au nom de rien, admet que tel autre fait n'est pas, et ne peut pas être. Il arrive rarement qu'un homme descende assez au fond de sa conscience pour y chercher les motifs fondés de ses choix ou de ses exclusions.

Ces diverses manières de procéder, on leur a fait l'honneur de les classer sous la rubrique de méthodes *à priori*. La plupart de ceux qui se donnent des certitudes par des voies aussi peu scientifiques, qui jugent avec de semblables éléments, n'obéissent en réalité à aucune méthode, mais à de véritables défaillances intellectuelles.

S'il est juste de respecter chez son prochain le pouvoir illimité d'exercer sa faculté de croire, tant qu'il s'agit de matières qui sont fatalement soustraites à tout contrôle, et qui ne peuvent d'ailleurs, en bonne logique, entraver la recherche méthodique des notions positives, il est essentiel, quand il s'agit de faits qui importent au progrès matériel de l'espèce humaine, de ne s'en rapporter qu'aux seuls résultats fournis par l'expérience. Et, disons-le bien vite, par l'*expérience*, nous entendons l'*expérimentation*. On a voulu constituer le privilége de l'expérience au profit des hommes qui ont vécu longtemps. Quoi de plus faux? Suffit-il donc d'avoir vu passer sous ses yeux un grand nombre de faits pour en interpréter la signification, pour en comprendre la portée, et pour saisir les lois qui les régissent? Assurément non. Une loi est la détermination exacte de la relation permanente qui existe entre une cause et un effet; quel enseignement y a-t-il donc pour celui qui est témoin de faits nombreux sans se préoccuper de cette relation? Il est manifeste que le résultat en sera nul pour lui. Il n'aura rien appris, il n'aura rien oublié.

Au contraire, le spectateur qui aura saisi l'étroite et logique corrélation qui enchaîne les mêmes causes aux mêmes effets, arrivera à prévoir l'issue d'un phénomène, et se trouvera, en définitive, dans un cas analogue à celui de l'expérimentateur qui parvient à provoquer plus ou moins commodément les effets qu'il désire observer. Néanmoins, il restera toujours une distance infranchissable entre le simple observateur qui suit les phénomènes de l'évolution normale ou anormale d'un organisme, et l'expérimentateur qui tient en main le phénomène initial dont il poursuit la dernière conséquence, se sachant maître du résultat auquel il veut aboutir. Plus de doute, en ce cas : la relation de la cause à l'effet ne saurait lui échapper, car il dépend de lui que l'effet se produise ou non. Dans le premier cas, celui du simple observateur, rien ne prouve qu'il n'existe pas de lacunes dans la suite de ses déductions. Maintes circonstances secondaires ont pu lui échapper. Voilà pourquoi la méthode expérimentale, qui ne conclut qu'*à posteriori*, est la seule méthode vraiment scientifique.

Permettez-moi de vous citer un exemple emprunté à ma carrière d'expérimentateur, et à une occasion que nul ne pourra récuser.

En 1860, à l'époque où j'appliquai la méthode du courant voltaïque continu permanent sur les hallucinés de la Salpêtrière, un maître éminent en fait d'aliénation mentale, se demanda si tout cet attirail de fils conducteurs, de piles et de voltamètres, en fixant l'attention des folles, ne pouvait arriver à suspendre les pénibles troubles qui les agitent, et si, en conséquence, le courant électrique en lui-même ne devait pas être exclu d'une participation directe aux guérisons que nous avions observées sur quelques sujets.

J'imaginai alors, tout en conservant cet attirail, de jeter un pont métallique entre les deux fils conducteurs, avant leur point d'attache au corps. En faisant ainsi circuler le courant sur lui-même, la malade fut soustraite à l'action du circuit proprement dit. Il arriva, dans la nuit suivante, que cette malade en grande voie d'amélioration, s'agita aussi fortement que huit jours auparavant et déclara avoir été très-tourmentée par *ses voix*. La chose s'était passée à l'insu de tout le monde. J'expliquai mon expérience, et j'annonçai que j'allais faire la contre-épreuve tout aussitôt. Je supprimai le pont métallique. La nuit suivante, la malade fut calme comme l'avant-veille. Il ne semble pas qu'on puisse douter, après ce fait, de l'action réelle du courant, et d'une action tout à fait indépendante de tout ce qui pouvait frapper ou attirer l'attention de la patiente.

Je dois ajouter que la méthode à posteriori, dont je viens de citer un exemple palpable, est si peu familière à la plupart des esprits, même les plus loyalement voués à la science, que cette expérience, après avoir frappé au premier moment les assistants, est demeurée infiniment moins présente à leur esprit que la notion sommaire d'une efficacité conjecturale du courant voltaïque. Si, pour se faire une conviction, tout le monde sentait le besoin de se donner des preuves sans réplique, au lieu d'opiner du bonnet sur cette question, on se bornerait à citer des faits à l'abri de toute objection fondée.

Une importante question est soulevée depuis des siècles par tout un ordre d'esprits qui ne craignent pas de contester à l'expérimentation ses véritables et incontestables services, lesquels consistent, par exemple, à fournir exclusivement des matériaux à la science, aujourd'hui naissante, de la médecine. Il est à remarquer que les arguments produits sont constamment les mêmes, et que ceux que l'on invoque devant vous en ce moment, sont tous *réchauffés*, passez-moi la trivialité de l'expression. Je suis bien loin de refuser à messieurs les spiritualistes, soit le talent de l'exposition, soit l'élévation du langage. Malheureusement ils négligent, avec une imperturbable ténacité, d'asseoir leurs prémisses, je ne dirai pas sur une base solide, mais sur une considération positive quelconque. Aussi, comme tout pour eux est arbitraire, ils ne craignent pas, les uns, d'imaginer une âme logée dans les organes qu'elle dirige d'une façon fatalement intelligente; les autres, d'objecter à leurs confrères en spiritualisme, que cette petite providence intérieure tolère des

Digitized by Google

aberrations déplorables qui entraînent mort d'homme, et que par conséquent, on voit difficilement pourquoi cette providence, qui répare tant de brèches, ne les prévient pas, alors que, pour ces messieurs, elle est la force vive, source de toute action, et par conséquent de toute altération organique. Toutefois, ils retombent d'accord sur ce point, que puisque les forces qui meuvent cette matière sont surajoutées à elle comme l'âme elle-même, l'étude de la matière perd son principal intérêt, ses altérations n'étant que les conséquences ultimes des altérations primitives des forces.

Le mot de *force* est emprunté à des sciences qui n'ont jamais eu d'autres moyens de détermination de cette entité imaginaire, que les modifications que ces forces apportent dans la matière. Ainsi, les deux idées de matière et de force sont si étroitement unies, que l'on ne parle que des modifications de la matière, et très-secondairement des forces, parce qu'une force ne se voit ni ne se saisit, ni ne se comprend, sans l'idée corrélative d'un état quelconque de cette matière. On sait aujourd'hui comment on la modifie par une infinité de procédés, et il importe très-peu, dans la plupart des cas, de connaître en elles-mêmes les forces mises en jeu dans les innombrables métamorphoses physiques et chimiques que nous pouvons déterminer.

Les spiritualistes, en raisonnant sur les forces du corps, ont l'air de connaître bien mieux que nous ce que l'on appelle le secret de la machine humaine. Cette vaine prétention qui, avant l'existence des notions anatomiques, était une véritable bouffonnerie, se trouve réduite aujourd'hui aux modestes proportions d'une simple inconséquence. Car, nous le répétons, il en est des forces organiques comme des forces inorganiques : on ne peut juger des agents qui meuvent les molécules matérielles, en d'autres termes, des propriétés, que par les manifestations de l'activité de ces molécules. Et quand il s'agit des corps organisés ou vivants, c'est encore, et exclusivement, par les effets qui impressionnent les sens, que l'on parvient à se rendre compte de leurs conditions d'existence et de leur nature. On cherchera à critiquer ce point de vue fondamental, mais je défie qui que ce soit de prouver que l'idée de force ne résulte pas d'une abstraction opérée par l'esprit en présence des phénomènes sensibles.

L'observation la plus intelligente et la plus attentive ne saurait remplacer la moindre expérience bien faite sur un corps organisé, car celle-ci résout d'une manière définitive une question grande ou petite. Dès lors, ce résultat est acquis. Et, qu'on ne s'y trompe pas, l'expérience n'est point sujette à erreur. Nous ne la confondons pas avec l'observation pure et simple.

L'expérience, dans le sens que nous lui donnons, c'est-à-dire l'expérimentation, c'est le contrôle de la raison par les faits : elle prend, par cela même, le caractère *impersonnel*. Les expérimentateurs peuvent errer quant à l'interprétation. Peu importe, au fond, que cette alliance de la raison qui juge et de l'habileté manuelle qui exécute, ne se rencontre pas toujours dans le même esprit. L'interprétation d'un fait est du domaine public. Vous, spiritualistes, vous vous bornez à dédaigner les faits en leur substituant des conceptions à priori; à la place des phénomènes extérieurs et sensibles, vous mettez des phénomènes internes. Si, comme vous le dites, nos expériences les mieux instituées n'apprennent rien sur certaines fonctions du corps, pensez-vous donc que l'observation trompeuse (Hippocrate), ou la divination appliquée à ce problème, si prodigieusement difficile, offre une voie plus certaine pour rencontrer la vérité ? Du moment que vous cessez de raisonner sur les faits d'expérimentation, la médecine ne se compose plus pour vous que d'articles de foi, c'est-à-dire que vous substituez la faculté de croire à la possibilité de savoir. Il n'y a plus de science : vous prêchez.

Ah! si du moins l'un d'entre vous avait risqué une expérience pour combattre ou anéantir nos conclusions; mais cela n'arrive point et n'arrivera jamais, parce que vous accepteriez un terrain qui est votre condamnation même.

A dire vrai, vous avez une raison d'être. Vous vous appelez réaction. Dans le premier enivrement qui a succédé aux découvertes modernes de la chimie et de la physique, quelques esprits impatients se sont flattés de l'espoir chimérique d'expliquer tous les phénomènes vivants à l'aide des données fort incomplètes et fraîchement acquises dans ces deux sciences. De là est sortie l'école matérialiste moderne; de là la comparaison de l'homme avec un foyer de combustion, et la ration alimentaire du cavalier français calculée sur la quantité de combustible dépensée dans un foyer de cheminée ou de machine à vapeur. Il est né une chimie physiologique, qui, en réalité, ne diffère de la chimie des laboratoires que par la nature des cornues. Si c'est contre cette tendance que vous réagissez, nous pouvons nous serrer la main. Mais, ne l'oubliez point, la grande ombre de Broussais se dresse devant vous. Il y a plus de trente ans que cet homme de génie a protesté, et a exprimé, au nom d'une autre chimie vivante, et sous la forme la plus concise et la plus synthétique, la pensée vraie que l'analyse moderne a confirmée.

Il est, en effet, toute une immense notion dont l'école passagère mentionnée plus haut n'a pas su tenir compte. Cette notion, c'est celle de l'organisation. Pour nous, comme pour vous, il est essentiellement faux de ne voir dans un corps vivant qu'un assemblage de matériaux susceptibles de réactions réciproques.

Nous ne comparons pas même un liquide, une humeur de l'organisme, à un liquide quelconque. Nous pensons, toutefois, que la composition si complexe de beaucoup d'humeurs normales peut s'expliquer à l'aide de données empruntées à la physique et à la chimie. Pour ma part, je crois qu'un *calcul* peut résulter tout aussi bien de la disparition de certains principes, que

Digitized by Google

d'une sécrétion excessive de certains autres. Ainsi, il est impossible de se rendre compte de la composition complexe d'une humeur, si l'on ignore que l'addition successive de principes divers crée dans la solution préexistante des propriétés de solubilité sans cesse nouvelles, et même imprévues.

On peut arriver dès aujourd'hui à se rapprocher de la composition de certains liquides normaux, aux principes organiques près, c'est-à-dire qu'on parvient seulement à former le véhicule de ces principes organiques. Nous assurons, contrairement aux aberrations matérialistes, que l'on ne fera point artificiellement les éléments anatomiques suspendus dans ces humeurs. Et c'est précisément là que commence l'intervention nécessaire d'un organisme qui, seul, peut créer ces éléments anatomiques. S'il est vrai que les humeurs, dans leur complexité, reposent sur la dissolution réciproque et successive de certains principes, il suffit de la disparition de l'un des principes intermédiaires par le plus léger trouble dans les sécrétions, pour rendre insoluble l'un de ces principes, dont la solubilité avait pour condition un véhicule déterminé. Cela est expérimental, et il suffirait de quelques hommes travaillant dans cette direction, pour nous éclairer sur une quantité de problèmes pathologiques que la théorie de la *combustion incomplète* a résolus si superficiellement.

Quand il s'agit de l'étude des tissus et de leurs éléments constituants, la plus simple étude nous démontre l'impérieuse nécessité de tenir compte de propriétés de plus en plus complexes, naissant fatalement de la constitution originelle des tissus, et nous arrivons sans peine à concevoir un ordre de phénomènes qui, dans l'ensemble de leurs résultats, appartiennent incontestablement à une classe plus élevée et plus complexe que celle des phénomènes simples de mécanique, de physique ou de chimie. Et encore parmi ces phénomènes vitaux eux-mêmes, en faut-il distinguer de simples par comparaison avec d'autres qui résultent de l'intervention d'un grand nombre de facteurs. Les phénomènes fondamentaux de la station et de la locomotion, de l'ouïe, de la vision, sont lettre close pour nous, sans le concours des sciences mécaniques et physiques. Et une classe de phénomènes de l'ordre le plus élevé, à savoir, tous ceux qui expliquent la circulation avec ses éléments multiples, ne sont pas davantage intelligibles sans les lumières émanées des sciences plus simples.

Que l'on ne vienne pas arguer des divergences régnantes entre les médecins qui interprètent ces mêmes phénomènes à l'aide de ces sciences plus simples, car il est des médecins, sérieux en apparence, qui sont spiritualistes sans le savoir. Il en est qui imaginent une physique particulière à l'usage des corps vivants. Dans cette création de fantaisie, on sacrifie la rigueur des principes à une espèce de compromis entre la vie et les forces spéciales du monde inorganique. Ainsi ont surgi des idées comme celle-ci : la vie modifie les lois mécaniques, physiques et chimiques à son gré, par conséquent suspend leur exercice dans la matière qui en était primitivement le siége ; — la mort n'est que le retour au plein exercice de ces lois.

Il existe dans tout organisme vivant des effets physiques et chimiques que rien n'entrave, que rien ne contrarie. Leur jeu est aussi régulier qu'en dehors de l'organisme, mais voici la différence : les actes particuliers qui concourent à l'accomplissement d'un phénomène organique sont si nombreux, que dans la plupart des cas, une longue et minutieuse analyse devient nécessaire pour faire la part exacte de chacun. A la complexité de ces phénomènes vient s'ajouter un autre fait : leur lente et imperceptible évolution, grâce à laquelle bien des manifestations secondaires se répartissent dans le temps et rendent le contrôle plus difficile. En voulez-vous des exemples, commençons par un fait inorganique. Si vous exposez un mélange de chlore et d'hydrogène à la lumière diffuse, la lenteur de la combinaison, qui s'accomplira néanmoins, ne donne lieu qu'à une médiocre élévation de température. Dans des conditions différentes, on peut rendre la combinaison instantanée et l'élévation de température devient considérable. Dans l'évolution des végétaux, véritable laboratoire où les réactions chimiques sont les plus nettes et les transformations organiques les plus incontestables, il y a des changements de température que la physique moderne constate. Les indications thermométriques fournies dans ce cas sont plus délicates, il est vrai, que celles observées dans les ballons des chimistes expérimentateurs. Cependant au fond, resserrez le temps pendant lequel se sont accomplis les deux ordres de phénomènes organiques et inorganiques, et vous trouvez une satisfaisante équation entre les deux termes.

Dira-t-on que l'exemple des végétaux pèche par l'analogie ; mais ce que l'on est convenu d'appeler les phénomènes végétatifs dans un animal (cette seule qualification suffit à l'indiquer), repose sur l'analogie que tous les physiologistes ont reconnue entre certaines propriétés de l'animal et du végétal, propriétés dont la nutrition est l'expression synthétique. Le rôle des nerfs dans la nutrition est une fonction *régulatrice* en rapport avec les actes complexes de l'organisme animal, mais la nutrition en elle-même s'accomplit, dans l'animal comme dans le végétal, au nom de la vitalité d'éléments anatomiques analogues. A cet égard, je suis en plein et complet accord avec mon savant ami Ch. Robin. Personne ne contestera que, dans les problèmes complexes, la seule manière d'arriver à la vérité est de procéder par simplification successive du problème. Si nous disons personne, c'est parce que nous ferons désormais abstraction complète des partisans de l'école spiritualiste qui procède à priori. Pour dire toute notre pensée, nous les considérons comme absolument étrangers à la science, dût-on, par une de ces erreurs de temps et de

Digitized by Google

lieu dont l'histoire fourmille, leur livrer les chaires consacrées à l'enseignement officiel.

La physiologie végétale fournit évidemment des données plus simples que la physiologie animale à cause de l'absence même du système nerveux. Des travaux récents montrent à quel degré il est possible de suivre pas à pas ce que j'appellerai l'évolution chimique des tissus végétaux, et comment leur trame est constituée par l'addition graduelle de principes extraits du sol que le végétal s'assimile. Les localisations successives de ces différents principes, à mesure qu'ils sont puisés, l'introduction de substances artificiellement mises au contact des spongioles, formeront un jour les premiers rudiments de la physiologie normale et anormale des humeurs et des tissus. L'étude directe de l'usage des nerfs ne servira que de complément, mais de complément nécessaire. Il est un exemple puisé dans la vie animale qui montre bien autrement à quel point la force dite physique se manifeste dans son plein exercice au sein des tissus animaux. On sait qu'il existe dans le corps de l'homme et d'autres êtres, même très-inférieurs, des courants électriques que l'on peut constater avec des appareils analogues à ceux dont se servent les physiciens dans leurs expériences, avec cette différence toutefois qu'il faut multiplier vingt et trente mille fois l'intensité originelle du courant animal pour arriver à le constater. Ces courants si infimes que l'on peut rencontrer partout dans le corps, il serait illogique de leur attribuer une origine autre que des réactions chimiques. La faible intensité de ces réactions qui se passe dans un organisme explique la faible intensité des courants produits.

Mais nous ne répudions pas moins les théories issues de la même école matérialiste, qui compare absolument la moelle épinière à une pile avec ses deux pôles, et qui veut à toute force établir la presque identité des appareils électriques de certains poissons électriques et des auges d'une pile. Pour établir de pareilles analogies, il faudrait au moins découvrir des rapports assez importants, pour fonder ces rapprochements. Quand on a ressenti la commotion d'une torpille en bon état, et quand on se demande quel appareil électrique il faudrait mettre en jeu pour produire des effets comparables à ceux de cette secousse animale, on a pitié de voir de pareilles aberrations. Il faut ignorer la constitution d'une pile, le rôle indispensable de l'action chimique, la nécessité d'un isolement complet des éléments, par conséquent, l'origine de la tension électrique, pour avancer des opinions aussi hasardées sur la nature de la commotion déterminée par certains poissons.

Autant vaudrait dire qu'un malade en convulsion hystérique ou épileptique s'est transformé soudain en une puissante machine électrique. Voilà le matérialisme qu'on a le droit de blâmer. Toutefois il faut laisser une part modeste à ces doctrines dans l'évolution scientifique, parce qu'elles nous permettent d'aborder l'étude de phénomènes qui deviendraient véritablement mystérieux, si, guidés par ces fausses analogies, nous ne tentions d'explorer ces phénomènes par les procédés connus. L'erreur ne consiste point dans l'expérimentation à laquelle donne lieu ce mode de recherches, mais dans l'interprétation de leurs résultats. C'est dire suffisamment que le système nerveux cérébro-spinal n'est point une pile avec ses fils conducteurs, mais un appareil organique d'un ordre particulier. S'il ne sécrète point à la manière des glandes, il n'en a pas moins reçu des dispositions et propriétés fondamentales et immanentes que l'on ne retrouve dans aucune autre partie de l'organisme; et si des croyants éprouvent le besoin d'y loger un souffle pour l'animer (qui n'a pas sa petite part de foi?), la science n'y voit aucun inconvénient, puisque nul de ses adeptes sincères ne contestera que l'accomplissement des fonctions encéphaliques (intellectuelles et autres), quelque extension qu'on leur donne, ou quelques limites qu'on leur assigne, est lié indissolublement à la présence du système nerveux, et dépend de l'intégrité de ses parties.

Disons, pour terminer, que s'il existe une physiologie et une pathologie spiritualistes, il n'existe qu'une seule thérapeutique et une thérapeutique matérialiste. Les spiritualistes purgent et saignent comme tout le monde. Ils emploient le même séné, le même opium, le même emplâtre. S'ils disent qu'ils s'adressent à l'élément dynamique de ces médications (en tendant la main aux homœopathes), nous leur demanderons où ils ont puisé leurs notions sur les propriétés médicamenteuses, et s'ils ne se proposent pas de modifier la matière avant de modifier les forces. L'agent impondérable, le courant électrique, devrait être l'une des grandes ressources de leur thérapeutique, et je ne sache pas que ce soit leur agent de prédilection, malgré les innombrables variétés de propriétés qui caractérisent cette classe de médicaments.

HIFFELSHEIM.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

### II.

**Alcools en général, et polyatomiques en particulier.**

Le cours comprendra deux parties : dans la première, on traitera des alcools au point de vue historique; dans la seconde, on rassemblera les faits précédemment exposés pour en déduire la théorie générale des alcools.

On verra d'abord comment l'alcool ordinaire, isolé

(1) Voy. le n° 4.

Digitized by Google

par les Arabes, fut ensuite soumis par les alchimistes à des études diverses; comment furent successivement découverts, et la composition de l'alcool, et les nombreux dérivés énumérés dans la première leçon; enfin, comment la plupart des composés organiques naturels sont venus successivement se grouper autour des alcools. On s'attachera à l'analyse des mémoires originaux, en exposant les expériences fondamentales et en cherchant à dégager de ces recherches les principes généraux qui ont pris place dans la science définitivement.

Dans la seconde partie, après avoir exposé la théorie des alcools, on indiquera jusqu'à quel point les lois générales ainsi établies se vérifient dans les faits connus, et comment elles peuvent faire pressentir les découvertes futures qui seront effectuées en chimie organique.

### DE L'ALCOOL ORDINAIRE.

*Alcool* est un mot arabe qui désignait dans l'origine les poudres d'une grande ténuité; puis, par extension, on l'appliqua à toutes les substances très-atténuées. Or, dans l'idée des anciens chimistes, cette division de la matière s'obtenait, entre autres procédés, par la distillation; d'où il suit que le mot *alcool* fut étendu à tous les produits obtenus par ce mode opératoire, et par conséquent à l'esprit retiré du vin par la distillation. Le mot *alcool* se retrouve encore dans les traités de chimie et de pharmacie du XVIII^e siècle, avec une signification aussi étendue. Cependant, à partir de Fourcroy, on le réserva plus spécialement à l'esprit-de-vin. De nos jours, il est devenu un nom générique, que l'on donne en chimie à cette classe de composés organiques qui jouissent de toutes les propriétés fondamentales de l'esprit-de-vin.

L'alcool ordinaire se retire donc du vin par distillation. Ce procédé est applicable ici, parce que, de toutes les substances qui entrent dans la constitution du vin, l'alcool est celle qui passe le plus facilement à la distillation. En soumettant le liquide obtenu à une deuxième rectification, on obtient un produit plus concentré, qui brûle alors sans résidu, avec une flamme peu éclairante, mais qui dégage beaucoup de chaleur.

L'idée première de soumettre ainsi les corps à la distillation, paraît remonter au delà des Arabes : c'est ainsi que Pline indique que par la chaleur, on peut retirer une huile volatile de la résine de térébinthe. Mais ces notions, fort imparfaites d'abord, ne paraissent avoir pris un caractère vraiment sérieux que chez les Arabes. On attribue d'ordinaire la découverte de l'alcool à l'un de leurs élèves, Arnauld de Villeneuve, qui vivait au XIII^e siècle. A partir de cette époque, ce procédé fut appliqué à une foule de substances d'origines diverses, et c'est ainsi que furent isolées pour la première fois la plupart des essences aromatiques.

Au milieu de ces études, le problème qui exerçait le plus la sagacité des alchimistes, c'était la formation de l'esprit-de-vin. On voyait le jus sucré du raisin se boursouffler, en dégageant des bulles nombreuses, perdre son goût sucré pour acquérir la saveur piquante de l'esprit-de-vin. En vertu de quels changements s'opérait cette singulière transformation? Pour comprendre leurs idées sur la transmutation des métaux et sur une multitude de phénomènes chimiques, il faut se reporter à leur manière de voir sur les fermentations. A leurs yeux, toute effervescence était nécessairement l'indice d'une fermentation, de telle sorte que l'action de l'acide nitrique sur le cuivre, celle de l'huile de vitriol sur les carbonates, étaient des phénomènes de même nature, qui devaient s'expliquer de la même manière que la formation du vin. Or, comme dans ce dernier cas, ils admettaient que l'action était due à la présence d'un levain, d'un ferment, ils appliquèrent la même idée à l'explication d'une foule de phénomènes. De là, par exemple, leurs recherches sur la poudre de projection : ils attribuaient à cette poudre le pouvoir de provoquer la transmutation des métaux, qu'ils assimilaient à une fermentation. C'est ainsi que partant d'un fait très-complexe, la fermentation du vin, ils cherchaient à expliquer un grand nombre de phénomènes chimiques plus simples, mais dont la simplicité même leur échappait.

Cependant la pratique de la distillation a rendu de très-grands services à la science; ce mode opératoire, successivement perfectionné, est encore, pour le chimiste, un des plus puissants moyens d'étude. Mais revenons à l'histoire de l'alcool.

Le produit de la distillation du vin est un liquide inflammable, comme les huiles et les essences; il s'en distingue en ce qu'il se mélange, non-seulement à ces dernières, mais encore à l'eau en toute proportion : d'où résultait pour les alchimistes la connaissance d'un nouvel état de la matière, intermédiaire entre les huiles et les liqueurs aqueuses. Ceci rend compte des définitions qu'on trouve dans les anciens traités : « L'esprit-de-vin, dit Stahl, est une huile très-atténuée, unie par l'intermédiaire d'un acide avec de l'eau. »

Les premières expériences un peu précises qui furent faites pour reconnaître la nature de l'alcool sont celles qui ont trait à la combustion. Ce mode d'expérience, d'abord grossièrement appliqué, a pris en chimie une extension de plus en plus grande, et en même temps, par des perfectionnements successifs, une précision en quelque sorte mathématique.

Juncker et Boerhaave essayèrent d'analyser l'alcool par la combustion. Pour recueillir l'eau formée, on se servait d'un petit vase en forme de chapiteau, muni à sa partie inférieure d'un rebord en forme de rigole, destiné à recueillir les produits condensés. En faisant brûler de l'alcool au centre de ce petit vase, et en ayant soin de renouveler l'air, on arrivait à recueillir une certaine quantité d'eau. Les auteurs de ces analyses remarquèrent, en outre, que la combustion s'opérait sans dépôt

Digitized by Google

de charbon, ce qui différenciait l'alcool des huiles essentielles : de l'essence de térébenthine, par exemple, laquelle brûle avec une flamme fuligineuse. Mais l'existence des corps gazeux étant à peu près inconnue, la formation de l'acide carbonique leur échappa. Des expériences précédentes, les chimistes du milieu du XVIII^e siècle crurent pouvoir conclure que l'alcool résultait de la combinaison de l'eau avec le phlogistique ou matière du feu, considéré à cette époque comme un élément. Cette opinion régna dans la science jusqu'à Lavoisier.

Lavoisier entreprit de résoudre la question, et il fut assez heureux pour reconnaître cette fois la véritable nature des corps qui se produisent dans la combustion de l'alcool. Mais, pour comprendre exactement les idées du grand fondateur de la chimie sur ce point, il faut se reporter aux nouveaux principes qui venaient d'être admis dans la science. Il appliqua à cette étude l'équation de poids qu'il venait d'introduire en chimie : « Rien ne se perd, rien ne se crée », précepte qui, tel que l'entendait Lavoisier, avait un sens un peu différent de celui que nous lui donnons maintenant. En effet, Lavoisier admettait que le calorique faisait partie des corps comme élément, qu'il entrait à ce titre dans leur constitution, bien que par sa subtilité il échappât à la balance; en un mot, il regardait le calorique comme une matière réelle, mais impondérable.

Quoi qu'il en soit, on avait déjà observé avant Lavoisier que, dans les phénomènes de la combustion d'une substance, il y avait, tantôt augmentation de poids, comme dans la calcination des métaux, tantôt diminution de poids, comme dans la combustion d'un grand nombre de matières organiques. Mais on ne savait pas, avant Lavoisier, à quoi attribuer ces différences profondes, et, pour fonder une théorie, on faisait sans cesse intervenir la matière du feu. Lavoisier, en regardant cette matière comme impondérable, rendit un immense service à la science. Il établit le principe de la conservation du poids de la matière, d'après des expériences mémorables qui ruinèrent la théorie du phlogistique, mais que nous ne rappellerons pas ici.

Le nouveau principe fut appliqué à l'étude des alcools. Lavoisier reconnut que, par la combustion, il y avait, non-seulement formation d'eau, comme Boerhaave l'avait déjà constaté, mais encore production d'air fixe (acide carbonique); or, il avait déjà déterminé la nature de cet acide en faisant brûler du carbone dans de l'oxygène. Il obtint ainsi les nombres suivants :

Carbone = 28
Oxygène = 72

nombres exacts :

Carbone = 28
Oxygène = 75

L'interprétation de ces expériences exigeait en outre la connaissance de la nature de l'eau, considérée jusque-là comme un élément. Cavendish reconnut d'abord que l'hydrogène, en brûlant, donne des gouttelettes d'eau d'une limpidité parfaite, et c'est là le point de départ des travaux de Lavoisier, qui établit, par des expériences sans réplique, que l'eau résultait de la combinaison de deux gaz, l'oxygène et l'hydrogène.

La nature de l'eau et celle de l'acide carbonique étant connues, l'analyse de l'alcool devenait réellement possible. Lavoisier fit donc brûler, sous une cloche remplie d'oxygène, de l'alcool contenu dans une petite capsule placée sur la cuve à mercure ; l'eau formée se condensait, et l'acide carbonique produit était ensuite absorbé par la potasse caustique. C'est en suivant cette marche que Lavoisier fut conduit à ce résultat important, que le poids de l'eau formée est supérieur à celui de l'alcool employé : il reconnut, par exemple, que 46 parties d'esprit donnent en brûlant 54 parties d'eau, preuve décisive que l'eau n'est pas un élément.

Les recherches qui précèdent n'étaient pas encore suffisantes pour fixer définitivement la vraie formule de l'alcool; mais la question ne fut reprise que trente ans plus tard. En 1807, Théodore de Saussure fit de nouveau brûler de l'alcool, comme l'avait fait Lavoisier; ses premières expériences n'étaient guère plus parfaites, car il crut pouvoir admettre la présence dans l'alcool d'une petite quantité d'azote, environ 3 pour 100. Mais, en 1814, il reprit le même sujet, et fit deux séries d'expériences qui établirent sans retour la composition élémentaire de l'alcool :

1° Il exécuta des analyses eudiométriques sur la vapeur d'alcool; mais il reconnut bientôt que ce procédé est inexact par suite de la trop faible volatilité de l'alcool, une certaine partie de l'esprit-de-vin échappant à la combustion.

2° Il réussit mieux par des analyses eudiométriques sur les produits de la transformation de l'alcool en éléments gazeux. A cet effet, il fit passer de la vapeur d'alcool dans un tube de porcelaine chauffé au rouge; il vit qu'à cette température, l'alcool se décomposait en un produit liquide, de l'eau, qu'il condensait dans un récipient refroidi, et en un mélange gazeux qui pouvait être recueilli sous la cloche à mercure. En opérant ainsi sur 81 grammes d'alcool, il reconnut qu'il ne restait que 0^gr,05 de charbon dans le tube à combustion, et qu'il se formait 17 grammes d'eau, renfermant seulement des traces d'alcool (0^gr,05), d'acide acétique (0^gr,04), et d'une matière cristallisée (naphtaline).

Ceci posé, négligeant ces produits accessoires, de Saussure s'attacha à l'analyse eudiométrique des gaz recueillis; il les fit donc brûler dans un excès d'oxygène pour transformer le carbone en acide carbonique, et l'hydrogène en eau. Il fut ainsi conduit à ce résultat tout à fait capital, qu'il fallait, dans cette combustion, employer 3 *volumes d'oxygène pour former* 2 *volumes d'acide carbonique*. Il en conclut que l'alcool renfermait les éléments de l'hydrogène bicarboné, plus de l'eau.

Digitized by Google

En effet, la combustion de l'hydrogène bicarboné s'exprime par la relation suivante :

$$C^4H^4 + O^{12} = 2\,C^2O^4 + 2\,H^2O^2$$

d'où le rapport de 12 à 8, ou de 3 à 2, entre le volume de l'oxygène employé et celui de l'acide carbonique produit. Or, l'alcool donne les mêmes rapports :

$$C^4H^6O^2 + O^{12}\,(12\text{ vol.}) = C^4O^8 + 3\,H^2O^2\,(8\text{ vol.}).$$

En retranchant de l'alcool une quantité d'eau quelconque, on voit que ce rapport ne sera pas altéré. Dès l'instant que l'alcool ne fournit que de l'eau et des produits gazeux, de Saussure en conclut avec raison que les éléments de l'alcool ne diffèrent des éléments de l'hydrogène bicarboné que par les éléments de l'eau.

Dr EDME BOURGOIN, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIQUE APPLIQUÉE A L'HISTOIRE NATURELLE (1).

COURS DE M. BECQUEREL
(de l'Institut).

### Attraction moléculaire et cohésion.

L'attraction moléculaire est la force qui attire les molécules des corps : c'est la pesanteur à de très-petites distances. On l'appelle aussi cohésion, ou force d'agrégation. Elle lutte sans cesse avec la chaleur, qui tend à séparer les molécules, et du résultat de cette lutte dépendent les différents états sous lesquels les corps se présentent à nous, l'état solide, l'état liquide et l'état gazeux; enfin elle s'exerce entre les parties similaires, ce qui la distingue de l'affinité dont l'action ne s'exerce qu'entre des molécules hétérogènes. L'attraction moléculaire à de petites distances n'engendre pas seulement la cohésion, mais encore les effets capillaires que nous examinerons plus tard, et qui se produisent au contact des liquides et des solides. On la met facilement en évidence en faisant glisser l'une sur l'autre deux plaques de verre poli, ou les deux moitiés d'une balle de plomb que l'on vient de couper. Il y a dans ces conditions une adhérence considérable ; la pression de l'air n'est pour rien dans cette adhérence, car elle a lieu aussi bien dans le vide. Elle est indépendante de l'épaisseur des corps. Du reste, dans les fabriques de glaces, on sait parfaitement qu'il ne faut jamais laisser quelque temps en contact deux glaces parfaitement polies : il deviendrait impossible de les séparer sans les briser. C'est ainsi qu'on explique la formation de certains grès que l'on trouve composés de petits grains de quartz adhérents les uns aux autres, sans l'intermédiaire d'aucun ciment : cette formation doit avoir lieu sans une forte pression, et l'adhérence a augmenté avec le temps. L'adhérence moléculaire permet moins d'expliquer la formation de masses compactes qui se forment à la longue, sans l'intervention de l'humidité, dans des poudres homogènes, comme M. Chevreul l'a observé pour le soufre, par exemple.

La cohésion n'est pas la même dans tous les corps. Elle varie non-seulement en raison de leur nature, mais encore avec l'arrangement de leurs molécules. C'est aux modifications qu'elles éprouvent qu'il faut rapporter, non-seulement dans tous les corps, mais encore dans le même corps, suivant son état physique, la *dureté*, la *fragibilité*, la *ductilité* et l'*élasticité*, qui varient aussi avec la température, propriété que l'on sait utiliser dans les arts. Trois causes détruisent la cohésion : la chaleur, en écartant les molécules ; la dissolution, dont nos liquides produisent aussi les effets; et enfin les actions mécaniques, qui sont dues à des causes de clivage dont nous allons nous occuper. Aussi ces différentes causes augmentent-elles l'affinité, qui, comme on le sait, ne se manifeste que quand la cohésion n'existe plus. Occupons-nous maintenant des moyens mécaniques : la porphyrisation vient en première ligne, c'est le moyen le plus simple de détruire la cohésion; mais le clivage est un moyen plus rationnel, parce qu'il nous montre en même temps comment les molécules se superposent pour former des cristaux; mais avant cela nous dirons quelques mots sur la cristallisation.

*Cristallisation.* — Les corps se présentent à nos yeux, tantôt sous la forme polyédrique ou en cristaux, tantôt à l'état amorphe, état qui est lui-même très-variable, en raison de l'arrangement plus ou moins régulier des molécules. Les corps affectent assez ordinairement la forme de cristaux, quand ils passent lentement de l'état liquide ou gazeux à l'état solide.

Les cristaux sont des solides à faces planes, dont le nombre est plus ou moins considérable, mais qui peuvent toujours être rapportés à des cristaux plus simples appelés *formes primitives*. Deux faces planes se rencontrent suivant des lignes droites appelées arêtes, et les sommets des cristaux sont les points où aboutissent les arêtes. On ne connaît pas la loi suivant laquelle agit l'attraction moléculaire; mais comme elle ne se manifeste qu'à des distances infiniment petites, on en déduit que son intensité dépend en partie de la forme des molécules, et qu'elle augmente avec une très-grande intensité à mesure que la distance diminue.

Lorsque les molécules des corps sont libres de se mouvoir en tous sens, comme cela a lieu quand elles sont à l'état de dissolution ou à l'état gazeux, elles se groupent en produisant des cristaux. Dans tous les cristaux, les angles sont toujours saillants : c'est là un caractère essentiel des formes simples, ils ne sont rentrants que dans les hémitropies. La première chose que l'on observe, quand on étudie un cristal, c'est sa carrure ou son clivage, qui n'a pas lieu également dans tous les sens. Ce clivage s'opère suivant des plans toujours parallèles : c'est ce que l'on appelle cassure lamelleuse. Le même cristal présente souvent plusieurs plans de clivage. C'est une propriété très-importante, et que l'on utilise dans les arts : la taille du diamant en est un exemple. On peut déterminer le clivage de différentes manières; généralement, on le fait au moyen d'un couteau que l'on place parallèlement au plan de clivage du cristal, et sur lequel on frappe avec un marteau. Dans quelques cas, et en particulier pour le cristal de roche, on a recours à un procédé employé par Haüy : c'est l'étonnement. Il consiste à porter le cristal au rouge et à le projeter vivement dans l'eau froide : le cristal se brise aussitôt en plusieurs fragments, suivant des plans de

(1) Voy. le n° 1.

Digitized by Google

clivage. Haüy employait ce procédé pour reconnaître la forme cristalline d'un corps toutes les fois que ce corps n'avait pas une forme extérieure cristallisée. Il est une chose importante que l'on doit examiner dans les cristaux, c'est la mesure des angles; on la fait au moyen d'instruments particuliers auxquels on a donné le nom de goniomètres.

Arrivons maintenant à l'examen de la forme primitive d'un cristal. Toutes les formes cristallines peuvent être rapportées à six formes primitives, qui constituent les six systèmes cristallins :

1° Système régulier ou tétraédrique;
2° Système du prisme droit à base carrée;
3° Système rhomboédrique;
4° Système du prisme droit à base rhomboédrique;
5° Système du prisme oblique;
6° Système bi-oblique.

Toutes les formes que l'on rencontre dans la nature dérivent de l'une de ces six formes primitives par des modifications qui se font toujours suivant des lois bien connues, et dont il est facile de se rendre compte au moyen des troncatures, des biseaux et des pointements; mais on ne peut jamais passer d'un système dans un autre. Les structures des cristaux et leur formation s'expliquent parfaitement au moyen de la théorie des décroissements. Mais ces faits sont complétement du ressort de la minéralogie.

On obtient des cristaux toutes les fois qu'on laisse refroidir ou que l'on évapore plus ou moins une dissolution. Pour les sels, qui sont plus solubles à chaud qu'à froid, on évapore jusqu'aux pellicules, et on laisse refroidir. Exemple : le sulfate de soude. Quand un corps est aussi soluble à chaud qu'à froid, comme le sel marin, par exemple, on ne le fait cristalliser que par une évaporation prolongée. Plus la cristallisation s'opère lentement, plus les cristaux sont gros. Le repos contribue également à la lenteur et à la régularité de la cristallisation, tandis que le mouvement l'accélère, mais aussi les cristaux sont petits et mal formés. Ce fait est utilisé quelquefois dans l'industrie. Ainsi, pour obtenir le sucre blanc, on remue constamment les sirops pendant leur refroidissement pour obtenir de petits cristaux, que l'on agglomère ensuite en les mettant dans les formes; tandis que par un refroidissement lent, les sirops donnent de beaux cristaux transparents, qui constituent le sucre candi. On obtient un très-beau sel de cuisine en précipitant une dissolution concentrée de sel marin par l'acide chlorhydrique; dans ces conditions, le sel marin précipite sous la forme de cristaux excessivement petits et très-réguliers. Quand un corps étranger se trouve dans une dissolution mise à cristalliser, ce corps constitue une sorte de centre d'attraction autour duquel les cristaux viennent se grouper. On sait que pour obtenir le sucre candi, on tend des fils au milieu des sirops; c'est autour d'eux que les cristaux se forment. C'est aussi à une action de ce genre que l'on attribue la formation des calculs de la vessie. Un cristal déposé dans une dissolution concentrée du même corps détermine aussi plus rapidement la cristallisation.

L'expérience suivante donne une idée de l'énergie avec laquelle la force de cohésion tend à réunir entre elles les molécules similaires. On fait une dissolution composée de 2 parties de nitrate de potasse, et de 3 parties de sulfate de soude dans 5 parties d'eau tiède; on met cette dissolution dans deux flacons, et l'on dépose dans l'un un cristal de nitrate de potasse, et dans l'autre un cristal de sulfate de soude. Au bout de quelque temps, on remarque que dans le premier flacon tout le nitre a cristallisé, tandis que dans le second, c'est le sulfate de soude seul qui a cristallisé.

La température à laquelle s'effectue la cristallisation a aussi une grande influence sur la composition chimique de ces cristaux. En faisant varier la température pour certains sels, on obtient des états d'hydratation différents .Les cristaux peuvent renfermer de l'eau sous deux états bien distincts : il y a l'eau d'interposition et l'eau de combinaison ou de cristallisation. Lorsqu'un corps se combine avec de l'eau de cristallisation, il y a formation d'un hydrate et production de chaleur, comme dans toutes les combinaisons chimiques. Mais une fois l'hydrate produit, si on le dissout dans une grande quantité d'eau, il y a production de froid, comme cela arrive dans toutes les dissolutions. Le froid produit est d'autant plus grand, que la dissolution a été opérée plus rapidement; c'est sur ce fait qu'est basée la préparation des mélanges réfrigérants.

La sursaturation des dissolutions salines nous offre des faits assez curieux étudiés par Lewel. Ils sont dus à une cause de la même nature que celle qui retient l'eau à l'état liquide au-dessous de zéro, comme l'a observé M. Despretz dans certaines conditions. Voici les résultats auxquels est arrivé Lewel. On fait une dissolution concentrée et bouillante de sulfate de soude; puis on l'introduit dans des tubes de verre très-résistant et primitivement effilés à leur extrémité. On fait alors bouillir la dissolution dans le tube; pour chasser l'air qui reste à la partie supérieure, après quoi on ferme le tube à la lampe. Après le refroidissement, on observe que la dissolution a conservé toute sa limpidité dans le tube; mais vient-on à laisser rentrer l'air en cassant la pointe, aussitôt la dissolution se prend en masse dans toute l'étendue du tube. Lewel a répété cette expérience d'une autre manière. Il place la même dissolution saturée dans des matrices à fond plat, et les ferme avec un bouchon de liége, ou même plus simplement avec une feuille de papier posée sur l'ouverture. On abandonne la matrice à un refroidissement très-lent, les dissolutions restent limpides; mais on peut les faire prendre en masse de plusieurs façons, soit en laissant rentrer brusquement l'air, soit en touchant la liqueur avec un agitateur de verre offrant une cassure fraîche. Un agitateur dont le bout a été préalablement chauffé jusqu'à fusion du verre, et ensuite refroidi, ne détermine pas la cristallisation instantanée. La dissolution se prend en masse, si l'on projette dans le ballon un petit cristal de sulfate de soude. Enfin, Lewel a remarqué que s'il fait passer dans la dissolution, au moyen d'un aspirateur, de l'air que l'on a forcé d'abord à passer sur du coton, la dissolution ne se prend pas en masse; mais ce phénomène a lieu avec une seule bulle d'air, quand cet air n'a pas été tamisé par son passage sur le coton. Plusieurs autres sels, notamment le sous-carbonate de soude et l'alun, partagent avec le sulfate de soude ces propriétés curieuses, et peuvent, comme lui, servir à répéter des expériences de sursaturation.

*Influence des mélanges sur la cristallisation.* — On a vu dans la leçon précédente, que lorsqu'une dissolution saline est abandonnée à une évaporation spontanée, peu à peu les molécules se groupent régulièrement et produisent des cristaux; il semblerait que lorsque la dissolution est très-pure, et qu'elle est exempte de matières tenues en suspension, quand rien ne gêne la cristallisation, on devrait obtenir les formes les plus

Digitized by Google

simples et les plus régulières. C'est l'inverse qui se produit dans la nature comme dans les laboratoires. On trouve que les mélanges mécaniques, dans une dissolution, modifient souvent les formes secondaires, et donnent lieu à des cristaux simples et plus réguliers. Trois cas sont à considérer :

1° Quand les dissolutions ne renferment que des matières étrangères pulvérulentes, extrêmement fines, et qui restent en suspension presque permanente, les cristaux ne changent pas de forme.

2° Si les substances étrangères se déposent au fond de la dissolution en parties très-fines et incohérentes, les cristaux formés au milieu de ce dépôt ont une forme plus simple et plus régulière que celle qu'ils auraient eue dans une solution semblable tout à fait pure. Dans la nature, les cristaux de quartz mélangés mécaniquement d'oxyde de fer, ceux de carbonate de chaux, qui empâtent des grains de quartz ou de grès ont une forme très-simple et très-régulière.

3° Dans un mélange gélatineux, les cristaux qui s'y déposent ne subissent aucun changement dans leur forme : les cristaux sont très-nets et isolés.

Les formes simples obtenues dans des mélanges mécaniques varient non-seulement avec la nature des corps mélangés, mais encore avec la proportion de ces matières que les cristaux renferment à l'état de mélange. Les mélanges mécaniques jouent donc un rôle considérable dans la cristallisation, mais les mélanges chimiques paraissent y avoir une part beaucoup plus large. La forme des cristaux de sulfate de fer ne change pas quand ils renferment jusqu'à 50 pour 100 de sulfate de cuivre, ou de sulfate de zinc, mais on trouve de petites différences dans les angles. Au reste, dans ces cristaux contenant plusieurs sels, on trouve que toujours l'un d'eux domine et impose sa forme aux autres ; la différence n'existe que dans la valeur des angles, qui est un peu modifiée.

*Des changements moléculaires que les corps éprouvent sous l'influence de la chaleur et de la lumière.* — Le soufre fond vers 109 à 110 degrés, et peut cristalliser par refroidissement ; mais si l'on continue de le chauffer, vers 160 degrés il commence à s'épaissir, et sa couleur devient un peu rougeâtre ; vers 250 degrés, il est tout à fait rouge et pâteux. En continuant encore à le chauffer, il redevient liquide, mais conserve sa couleur rouge : si à ce moment on le plonge dans l'eau froide, il constitue le soufre mou ; mais si on le laisse refroidir lentement, il redevient jaune et cristallin. Le bi-iodure de mercure, qui est rouge, devient jaune, si on le chauffe, mais il reprend sa couleur rouge avec le temps, et tout de suite si on le frotte avec un corps dur.

L'action de la chaleur sur le carbonate de chaux est très-intéressante. Ce corps se présente dans la nature sous deux formes cristallines bien différentes. On le trouve cristallisé en rhomboèdres et incolore, constituant le spath d'Islande, ou bien encore en prismes : c'est alors l'aragonite. Ces deux formes sont incompatibles ; on peut cependant passer très-facilement, sous l'influence seule de la chaleur, d'une de ces formes à l'autre. Et en effet, si nous chauffons de l'aragonite vers 70 degrés, on entend bientôt un léger petillement dans son intérieur, et elle se transforme en petits cristaux de spath : sa forme cristalline seule a changé, sans que la composition chimique du cristal ait été altérée.

Ce fait nous conduit naturellement à dire quelques mots sur le *dimorphisme*, propriété que possèdent certains corps composés et même élémentaires, de pouvoir cristalliser de deux manières différentes, c'est-à-dire dans deux systèmes cristallins incompatibles. C'est à cette propriété que les chimistes ont donné le nom d'*allotropie* ; on ne sait pas avec certitude si un corps peut affecter plus de deux formes, mais jusqu'à présent on n'en a pu trouver d'exemple. Dans les corps composés, le dimorphisme paraît indiquer différents états isomériques. Comme exemple de dimorphisme, on peut citer le soufre, qui, lorsqu'il a cristallisé sous l'influence de la chaleur, se présente en prismes obliques, tandis qu'on l'obtient en prismes droits rectangulaires si on laisse évaporer lentement sa dissolution dans le sulfure de carbone ; c'est du reste sous cette dernière forme qu'on le rencontre cristallisé dans la nature. Le carbone nous présente aussi un très-bel exemple de dimorphisme dans le diamant et l'anthracite. Dans ce cas, cependant, il vaut mieux dire que le carbone se présente sous deux états allotropiques différents, l'anthracite n'étant pas cristallisée. On rencontre dans la nature un assez grand nombre de corps dimorphes, parmi lesquels nous pourrons citer la chaux carbonatée (spath d'Islande et aragonite), le fer bisulfuré, $FeS^2$ (pyrite cubique et pyrite prismatique), le fer carbonaté, le plomb carbonaté, l'oxyde de titane, etc.

Il arrive quelquefois qu'un même nombre d'atomes différents et la même disposition produisent aussi la même forme cristalline, ou du moins une forme si approchée, qu'elles ne se distinguent que par une légère différence dans la valeur des angles de chacune d'elles ; ce fait s'explique très-bien en raison même de l'influence qu'exercent sur la forme cristalline d'un corps composé les atomes simples et la manière dont ils sont unis. Ces phénomènes sont connus sous le nom d'*isomorphisme*, et les corps qui, malgré leur différence de composition, affectent la même forme cristalline, sont appelés *corps isomorphes*. C'est Mitscherlich qui découvrit ces faits importants, vers 1818. Comme exemple de corps isomorphes, on peut citer les aluns. Ces corps sont formés par un sulfate d'alumine combiné avec un autre sulfate, qui peut être un sulfate de potasse, de soude, d'ammoniaque ou de chrome. La formule de l'alun de potasse est la suivante :

$$Al^2O^3,3SO^3 + KO,SO^3 + 24\,HO.$$

En remplaçant dans cette formule K par le symbole des autres métaux, on a la formule des autres aluns. Le spath d'Islande et le fer carbonaté naturel sont aussi deux corps isomorphes ; la différence de leurs angles est très-faible : ainsi l'angle dièdre du spath égale 105° 5′, et celui du fer carbonaté égale 107°.

Toutes les fois qu'on détruit la forme cristalline d'un corps, soit par le clivage, la pulvérisation ou toute autre action mécanique, on donne lieu à des phénomènes physiques ou chimiques. Au nombre des premiers, nous pourrons citer le dégagement de lumière que l'on observe dans les pulvérisations du sucre, phénomène que l'on peut rendre très-visible en opérant à l'obscurité. Dans le clivage d'une lame de mica, il se passe un fait analogue, et, si l'on opère avec soin, on peut constater que chacune des lames est chargée d'électricité contraire.

Les effets chimiques dus aux actions mécaniques ont été longtemps méconnus, et tout le monde admettait l'ancien axiome : *Corpora non agunt, nisi sint soluta.* Mais ils ont été mis en évidence de nos jours par de nombreux travaux, et

Digitized by Google

surtout par ceux de M. Becquerel. Nous allons passer en revue un certain nombre de ces faits :

Un mélange de chlorate de potasse et de soufre détone violemment par le choc ; il y a dans ce cas une décomposition du chlorate de potasse : les produits de la décomposition sont de l'acide sulfureux et du chlorure de potassium. Le même effet se produit en remplaçant le soufre par le charbon. C'est aussi sous les influences combinées des actions mécaniques de l'air et de l'eau que les feldspaths se décomposent dans la nature. Si l'on broie dans un mortier un mélange de sulfate d'ammoniaque et de carbonate de chaux, il y a double décomposition, ce que l'on reconnaît facilement à la volatilisation d'une petite quantité de carbonate d'ammoniaque. Il y a aussi double décomposition, si l'on porphyrise des mélanges de nitrate de plomb et d'iodure de potassium, ou de chromate de potasse et d'azotate d'argent. Dans ces deux cas, le changement de couleur de la masse indique que la réaction s'est produite. En effet, l'iodure de plomb est jaune, et le chromate d'argent rouge.

Les formules qui représentent ces réactions sont les suivantes :

$$PbO,AzO^5 + KI = PbI + KO,AzO^5.$$

$$KO,CrO^3 + AgO,AzO^5 = AgO,CrO^3 + KO,AzO^5.$$

Comme dernier exemple, nous citerons la décomposition par la porphyrisation d'un mélange de sulfate de potasse ou de soude et de craie (*carbonate de chaux*).

$$\left.\begin{matrix}KO\\NaO\end{matrix}\right\} SO^3 + CaO,CO^2 = \left.\begin{matrix}KO\\NaO\end{matrix}\right\} CO^2 + CaO,SO^3.$$

La formation des carbonates alcalins dans ces conditions est très-intéressante. On a cherché à l'opérer en grand, mais jusqu'ici malheureusement les tentatives n'ont pas été couronnées d'un plein succès. En effet, quand on traite la masse par l'eau, pour séparer le carbonate alcalin du sulfate de chaux, ce dernier sel, quoique très-peu soluble, se dissout cependant en assez grande quantité pour donner lieu, en présence du carbonate alcalin, à un précipité de carbonate de chaux moins soluble que lui. Quelle que soit la rapidité avec laquelle on ait pratiqué les lavages à l'eau bouillante, on n'a jamais pu obtenir plus de 50 pour 100 de carbonate alcalin par ce procédé, ce qui l'a fait abandonner jusqu'à ce jour.

ARMAND DESCAMPS, pharmacien.

## BULLETIN DES COURS.

FACULTÉ DE MÉDECINE. — HISTOLOGIE. — COURS DE M. CHARLES ROBIN.

I. — 10 novembre. — Cette leçon a été publiée *in extenso* dans le n° 51 de notre première année.

II. — 12 novembre. — Cette leçon a été publiée intégralement dans le n° 2 de l'année courante.

III. — 15 novembre. — Lois de la texture, de la vascularité et du développement. — Cette leçon a été publiée intégralement dans le n° 4 de l'année courante.

IV. — 17 novembre. — Tissu blastodermique ou de la tache embryonnaire. — Tissu de la notocorde, et système des organes premiers formés par ce tissu.

V. — 19 novembre. — Tissu de la moelle des os. — Trois variétés (fœtale, gélatiniforme, adipeuse). — Produits morbides dérivant de la moelle.

VI. — 22 novembre. — Tissu adipeux. — Produits morbides (variété fœtale, lipome, fibrolipome). — Système adipeux.

VII. — 24 novembre. — Tissu embryoplastique. — Sa réapparition chez l'adulte engendrant les tumeurs fibro-plastiques à noyau grisâtre, gélatiniforme, blanchâtre. — Système du tissu embryoplastique envisagé d'une classe des vertébrés à l'autre.

VIII. — 26 novembre. — Tissu lamineux. — Ses variétés suivant les âges. — Texture des productions morbides qui en dérivent. — Tumeurs formées essentiellement par hypergenèse du tissu lamineux.

IX. — 29 novembre. — Tissu fibreux. — Énumération des produits morbides qui en dérivent.

X. — 1er décembre. — Système des organes premiers formés par le tissu fibreux.

XI. — 3 décembre. — Tissu tendineux.

XII. — 6 décembre. — Suite des tissus tendineux. — Lésions directes à produits morbides. — Système tendineux.

XIII. — 8 décembre. — Tissu élastique du système des organes premiers que forme le tissu élastique.

XIV. — 10 décembre. — Texture du derme cutané, de la peau et des muqueuses pourvues d'une trame analogue. — Description des papilles de la surface du derme.

XV. — 13 décembre. — Distribution et terminaison des nerfs dans le derme cutané, et dans les muqueuses à papilles. — Génération et développement embryonnaire et cicatriciel dans ce dernier tissu.

XVI. — 15 décembre. — Texture des muqueuses lisses à villosités. — Comparaisons à la texture des muqueuses papillaires et du derme cutané.

FACULTÉ DE MÉDECINE. — PATHOLOGIE GÉNÉRALE. — COURS DE M. AXENFELD.

VII. 21 novembre. — *Dogmatisme vitaliste.* Acception trop étroite de ce mot. Le vitalisme déduit de l'observation des phénomènes autonomes chez les êtres vivants, et de l'insuffisance du physico-chimisme pour en rendre compte.

De la biologie. Ce qu'elle devrait être. Méthodes vicieuses : pneumatisme, anémisme, neurisme, qui excluent les végétaux et même les animaux, etc.

La vie fait et la vie cause.

Essentialisation, personnification de cette cause par les *vitalistes métaphysiciens* (*physis* d'Hippocrate, *archée* de Paracelse, *blas* de Van Helmont ; *âme* de Stahl, *principe vital* de Barthez, *double dynamisme* opposé à l'*agrégat matériel* de Lordat).

La vie étudiée dans le corps vivant, auquel elle est temporairement inhérente, par les *vitalistes organiciens* : Glisson, Haller, Sauvages, Bordeu, Cullen, Brown, Rasori, Bichat, Broussais, à l'École de Paris, aujourd'hui l'école universelle. Son unité réelle, malgré quelques dissidences.

VIII. 23 novembre. — De la maladie au point de vue thérapeutique (ou *de la matière médicable*) : changements dans l'état statico-dynamique et causes de ces changements. Esprit dans lequel cette étude doit être faite. Diagnostic pathologique (problème de Pinel) et diagnostic thérapeutique (problème de Pitcarn). Nécessité d'individualiser les faits sans les morceler.

*De l'étiologie.* Classification des causes : causes externes et internes, prédisposantes, déterminantes, occasionnelles, etc. Valeur des classifi-

Digitized by Google

cations étiologiques. Des conditions qui *exposent* à subir l'influence d'une cause, confondues avec les conditions qui *disposent* à une maladie. Des prétendues causes sans effets, et des effets dits spontanés. Des effets multiformes d'une cause identique et des effets semblables de causes différentes, etc.

Nécessité de distinguer : 1° l'*agent*, susceptible de devenir morbifique ; il est du domaine de la pathologie et de l'hygiène ; 2° la *cause* (cause prochaine), qui se confond avec l'effet pathologique initial, et qui appartient par excellence à la thérapeutique.

IX. 25 novembre. — Suite de l'étiologie. Exemples empruntés à la physiologie pour montrer la différence qui sépare le modificateur (chaleur, froid, lumière, vibrations sonores, aliments), et l'acte vital qu'il provoque (réchauffement, réfrigération, vision, audition, nutrition); série de faits physico-chimiques et physiologiques qui opèrent l'*intérioration*. Autres exemples pris dans les agents morbifiques et dans les substances médicamenteuses, la cause prochaine dans les systèmes dichotomiques (de Thémison, de Brown, de Rasori, de Broussais). Menace d'un nouveau dichotomisme par excès ou défaut d'action vaso-motrice. Critique des dichotomes, au double point de vue de la science et de la pratique.

*Causes traumatiques*. Importance du traumatisme, à titre de maladie simple et comme point de comparaison avec les états morbides plus compliqués. Caractères du traumatisme : spécificité, uniformité des phénomènes immédiats, uniformité moindre des phénomènes médiats, diversité des phénomènes consécutifs.

Digression sur le traumatisme de cause interne ; en quoi il diffère de celui qui est accidentel.

---

ASSOCIATION PHILOTECHNIQUE. — *Section de l'École de pharmacie, rue de l'Arbalète, 21, cours du dimanche, à neuf heures du matin.* — Leçons sur les *matières premières de l'industrie*, professées par L. GRANDEAU, docteur ès sciences.

I. — 13 novembre 1864. — Généralités sur les matières premières. — Objet du cours. — Notions qu'il emprunte aux diverses sciences (sciences physiques et naturelles, géographie, statistique, économie politique). — Division du cours. (Nous reproduirons cette première leçon *in extenso*.)

II. — 20 novembre. — Généralités sur la chimie. — Lois fondamentales. — Notions sur les équivalents. — Nomenclature chimique. — Importance de ces connaissances pour l'étude des matières premières.

III. — 27 novembre. — L'air atmosphérique. — Étude générale de ses propriétés. — Combustion. — Respiration.

IV. — 4 décembre. — L'eau. — Ses divers états. — Glace. — Vapeur. — Eau de source, de rivière, de puits ; purification des eaux.

V. — 11 décembre. — Des combustibles. — Généralités. — Classification. — Pouvoir calorifique.

VI. — 18 décembre. — Des combustibles (suite). — Généralités sur les houilles. — Anthracite. — Houilles bitumineuses.

VII. — 8 janvier 1865. — Des combustibles (suite). — Gaz de l'éclairage. — Coke.

VIII. — 15 janvier. — Des combustibles (suite). — Huiles minérales : pétrole, boghead; schiste.

IX. — 22 janvier. — Des combustibles (suite). — Lignite. — Tourbe. Bois. — Charbon de bois.

X. — 29 janvier. — Des combustibles (suite). — Huiles végétales. — Cire. — Suif et graisses animales. — Chandelles. — Bougies stéariques.

XI. — 5 février. — Des combustibles (appendice). — Soufre. — Allumettes chimiques. — Blanchiment.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*Sous presse, pour paraître la semaine prochaine.*

LA SCIENCE ET LES SAVANTS EN 1864, par M. VICTOR MEUNIER. 1 vol. in-18 de 400 pages. 3 fr. 50

DICTIONNAIRE ANNUEL DES SCIENCES ET INSTITUTIONS MÉDICALES, exposant par ordre alphabétique de matières tous les travaux intéressant la médecine accomplis pendant le courant de l'année 1864, par M. GARNIER, rédacteur de l'*Union médicale*, précédé d'une Introduction par M. le docteur AMÉDÉE LATOUR. 1 vol. in-18 de 550 pages, 5 fr.

---

— La première livraison de la deuxième année du *Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux*, dirigé par M. le professeur CH. ROBIN, vient de paraître. En voici le sommaire :

DONDERS : Les anomalies de la réfraction et leurs suites. — SEGOND : Comparaison morphologique des vertèbres du bassin et du sternum chez les oiseaux. — A. DUMÉRIL et H. JACQUART : Mémoire sur la déglutition chez les ophidiens. — V. CORNIL : Mémoire sur les lésions anatomiques du rein dans l'albuminurie. — *Analyses et extraits des travaux français et étrangers :* Étude comparative des spermatozoïdes, par M. BIZZORERO (de Milan). — Temporal chez les vertébrés ovipares, par M. HOLLARD. — Sur un appareil propre aux analyses des gaz, et spécialement au dosage des gaz du sang, par MM. SAINTPIERRE et ESTOR (de Montpellier). — Recherches sur l'anatomie et la physiologie de la respiration chez les chéloniens, par MM. MITTCHEL et MOREHOUSE. — Étude sur la circulation et le rôle du latex chez le *Fucus elastica*, par M. FAIVRE.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction et l'administration à M. Germer Baillière, 17, rue de l'École-de-Médecine.

| | |
|---|---|
| Prix de chaque livraison. | 3 fr. 50 |
| Prix de l'abonnement pour la France. | 20 fr. |
| Prix de l'abonnement pour l'étranger. | 25 fr. |

Les livraisons paraissent tous les deux mois, et contiennent sept feuilles d'impression, et 3 ou 4 planches lithographiées.

— Nous rappellerons à MM. les étudiants en médecine qu'une grande concession leur est faite depuis l'année dernière par l'administration de l'*Union médicale*. Le prix de l'abonnement a été réduit pour eux à 10 fr. pour Paris et 12 fr. pour la province. Le bureau d'abonnement pour les étudiants est ouvert à la librairie Germer Baillière, 17, rue de l'École-de-Médecine.

---

DE VALCOURT. CLIMATOLOGIE DES STATIONS HIVERNALES DU MIDI DE LA FRANCE (Pau, Amélie-les-Bains, Cannes, Menton, Nice). 1 vol. in-8 3 fr.

A. MANGIN. L'AIR ET LE MONDE AÉRIEN, avec illustrations par FREEMAN, etc. 1 fort vol. grand in-8. (Mame.) 8 fr.

AXENFELD. DES NÉVROSES. 1 fort vol. in-8. (Extrait de la *Pathologie médicale* du professeur REQUIN.) 7 fr.

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 7. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 14 JANVIER 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : II. Du milieu intérieur comme champ d'action de la médecine expérimentale. — III. De la méthode d'investigation dans les recherches de médecine expérimentale.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : La moelle épinière est-elle excitable?

HOPITAL DE LA CHARITÉ. — **Physique médicale.** — Conférences de **M. Remak** (de Berlin) : III. Application du courant constant au traitement des névroses.

ÉCOLE DE PHARMACIE. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : Les équivalents. — L'oxygène.

---

Paris, 13 janvier 1864.

Nous publions aujourd'hui la seconde et la troisième leçon du cours de *médecine expérimentale* professé au Collége de France par M. Claude Bernard. Ce cours, qui contiendra un certain nombre d'expériences encore inédites de l'illustre savant, sera inséré *in extenso* dans nos colonnes, et nous croyons être agréable à nos lecteurs en leur annonçant que chaque leçon paraîtra huit ou dix jours au plus après avoir été faite.

Les idées que M. Claude Bernard défend au Collége de France avec un talent si élevé font chaque jour dans le monde médical des progrès de plus en plus incontestables. Nous sommes heureux de citer à cette occasion la leçon clinique de physiologie professée par M. Sée à l'hôpital Beaujon, et que le docteur Raynaud publie en ce moment dans la *Gazette des hôpitaux*. Il serait curieux de comparer les articles de la *Gazette* avec les deux leçons de M. Claude Bernard contenues dans ce numéro : c'est la conformité la plus parfaite dans les théories, les faits et les exemples. On reconnaît partout, dans l'enseignement fort distingué, du reste, de M. Sée, la trace des idées du maître et l'influence de son esprit. Après avoir constaté la faveur qui s'attache maintenant à la médecine expérimentale, M. Sée insiste particulièrement sur l'uniformité des phénomènes physiologiques et des phénomènes morbides ; dans le passage que nous citons, il indique les moyens de produire artificiellement certaines maladies pour les étudier plus facilement, et il termine en examinant les différentes circonstances que présente l'absorption des poisons.

« Depuis quelques années, dit M. Sée, un mouvement général, qui se prononce de jour en jour davantage, pousse de toutes parts les esprits dans les voies de la pathologie expérimentale. Il n'en pouvait être autrement en présence des immenses progrès accomplis de nos jours par la physiologie. La médecine, que tant de liens rattachent à cette science voisine et initiale, ne pouvait ni ne devait rester impassible ; comment n'eût-elle pas réclamé pour elle le bénéfice de toute découverte faite dans le domaine de la vie ?

. . . . . .

» Mais parviendrons-nous à créer de toutes pièces des maladies ? Ceci devient plus délicat. Le symptôme, l'affection, l'altération du sang, sont des faits *matériels*, palpables, qui émanent directement de la constitution des organes. Pour que ceux-ci répondent à nos excitations, il suffit qu'ils soient convenablement interrogés. La maladie, et j'entends par là l'impression morbifique première qui met en mouvement toute la série des phénomènes pathologiques, et du milieu de l'apparente mobilité de symptômes dégage l'unité et la spécificité qui les fait converger vers un même but ; la maladie, dis-je, est un fait d'un ordre plus relevé, et, par conséquent, tout autrement difficile à reproduire. Et pourtant les résultats étonnants obtenus déjà dans cette voie nous commandent de ne pas désespérer d'y parvenir.

» S'il est un ordre de maladies dans lesquelles l'unité de la cause affective s'affirme avec une suprême évidence, ce sont bien les maladies



Digitized by Google

virulentes. Or, s'il est vrai que nous ne pouvons créer chez les animaux les virus propres à l'espèce humaine, nous trouvons néanmoins chez eux de nombreux points de comparaison et des analogies sérieuses. Ils nous fournissent d'abord des types physiologiques, exemple : le venin de la vipère, si admirablement étudié par Fontana (pour le physiologiste, entre le venin et le virus, il n'y a qu'une différence de mots). Mais, d'ailleurs, nous possédons de véritables virus animaux. Non-seulement les animaux nous fournissent l'occasion précieuse d'étudier chez eux les effets de l'inoculation, d'expérimenter, en un mot, et vous savez quels progrès a faits récemment par ce moyen l'histoire de la vaccine ; mais nous pouvons même, dans certaines conditions données, sans inoculation, sans contagion, provoquer chez les animaux l'explosion de certains virus. C'est ainsi que la morve se développe par l'excès de fatigue chez les solipèdes qui ont été surmenés.

» Le siége occupé dans l'économie par les virus indique la part que prend chaque organe à leur formation, et la singularité même de ces localisations prouve ce qu'il y a d'individuel et de véritablement spécifique dans l'activité de chaque élément histologique. Par exemple, le virus rabique a son siége exclusif dans la salive et dans la bave des animaux malades. De même que la ptyaline, que la pepsine ne sont pas préformées dans le sang, mais se constituent dans les glandes où elles prennent naissance, de même, dans les conditions nouvelles créées par la maladie, le virus existe si peu dans le sang, que ce liquide peut être inoculé impunément à d'autres animaux. La rage n'est donc pas une maladie du sang, comme on se plaît à le répéter : c'est, à la vérité, une maladie toxique, mais qui se concentre plus spécialement dans les organes glandulaires de la bouche. Le virus morveux existe dans le sang, dans les liquides purulents, dans les liquides exsudés, celui de l'hydrocèle par exemple. On n'en rencontre aucune trace dans les liquides de sécrétion ou d'excrétion, la salive, le suc gastrique, les urines, la bile. Et, chose bien curieuse, malgré cette circonscription si spéciale à certains tissus, à certains liquides, l'état général de l'animal retentit sur ces siéges d'élection du virus. Prenez un cheval atteint de morve chronique dont le jetage n'est point inoculable : il vous suffira, pour rendre à ce liquide sa propriété redoutable, d'imposer à l'animal un exercice forcé. L'effet sera, pour ainsi dire, instantané, et vous le produirez à volonté.

» Vous le voyez, messieurs, voilà un virus que nous avons la possibilité de produire ; une fois produit, nous le modifions, nous agissons sur lui comme nous agissons sur les conditions d'exercice d'un organisme normal. En d'autres termes, voilà une maladie véritable, maladie artificielle tout entière du ressort de l'expérimentation. »

L'Académie de médecine s'occupe depuis longtemps d'une question très-importante, que des faits récents aussi curieux qu'alarmants ont mis à l'ordre du jour de la science. Il s'agit de savoir si les accidents secondaires de la syphilis sont contagieux, et notamment si le vaccin pris sur un enfant syphilitique peut transmettre cette redoutable maladie. Tout le monde se souvient encore de l'accident arrivé, il y a quelques années, à l'Hôtel-Dieu, dans le service de M. Trousseau, et des remarquables leçons du docteur Ricord auxquelles ce fait a donné lieu. Le célèbre syphilographe maintient toujours l'innocuité du vaccin emprunté à un enfant syphilitique, quand le sujet vacciné n'avait pas déjà contracté antérieurement le germe de l'infection. M. Depaul a présenté sur cette question, à l'Académie de médecine, un remarquable projet de rapport destiné sans doute à soulever les plus vives controverses. M. Depaul admet la transmission de la syphilis par la vaccination, et apporte à l'appui de son opinion un très-grand nombre d'arguments et d'observations. Il termine son rapport en indiquant les précautions les plus convenables à prendre pour éviter le retour d'accidents fâcheux, et conseille notamment l'emploi de l'aiguille au lieu de la lancette, afin d'éviter l'effusion du sang, principal et même seul agent de la contagion syphilitique, suivant quelques auteurs.

La discussion a été ouverte sur ce rapport à la dernière séance. M. Ricord a lu un long discours, et M. Blot allait lui répondre, lorsqu'on s'est aperçu que l'honorable président de l'Académie, M. le professeur Malgaigne avait perdu connaissance. La discussion a été aussitôt interrompue et la séance levée au milieu d'une émotion facile à comprendre. L'état de M. Malgaigne s'est du reste sensiblement amélioré depuis cet accident.

La *Société de chirurgie*, après une très-longue discussion, a voté sur la question de l'hygiène des hôpitaux des conclusions d'après lesquelles un hôpital ne devrait jamais être placé au milieu d'une grande ville, ni contenir plus de 200 à 250 malades. C'est, on le voit, la condamnation implicite du nouvel Hôtel-Dieu, qu'on veut élever dans la Cité, en y plaçant 1200 lits.

ÉMILE ALGLAVE.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### II.

### Du milieu intérieur comme champ d'action de la médecine expérimentale.

Dans notre première séance, nous avons essayé de donner une idée de la médecine expérimentale, et nous l'avons définie la *médecine active*, c'est-à-dire celle qui tend à modifier les phénomènes de l'organisme dans un but de guérison, tandis que la médecine d'observation ne devrait être que purement expectante. La médecine hippocratique nous représente la médecine expectante d'observation ; elle fut la première médecine scientifique. Mais la médecine expérimentale tend aujourd'hui à se constituer, parce que l'avancement des sciences de l'organisme peut commencer à le permettre.

Essayons maintenant de circonscrire le domaine de la médecine expérimentale, ou plutôt d'indiquer quel doit être son champ d'action. La médecine expérimentale doit nécessairement porter son action modificatrice dans les milieux intérieurs organiques. La médecine antique

(1) Voy. le n° 5.

Digitized by Google

ou hippocratique ne reconnut que l'influence des milieux extérieurs ambiants, c'est-à-dire l'influence des airs, des eaux, des lieux, etc. Pour modifier les malades, il fallait donc les tirer de ces milieux, afin de les placer dans des circonstances ambiantes plus favorables. C'est encore ce que nous pratiquons aujourd'hui en envoyant certains malades dans des résidences nouvelles où leurs maladies peuvent s'améliorer par le climat ou sous l'influence d'autres circonstances locales. La médecine antique avait donc compris déjà l'influence des milieux, et en cela elle avait grandement raison, car la vie n'est après tout qu'un rapport entre les organismes et les milieux.

Mais cette considération ne suffit pas, car il y a des êtres qui vivent parfaitement bien dans certaines circonstances ambiantes où d'autres se trouvent très-mal ou finissent même par périr : le milieu cosmique n'est donc pas tout, et il y a autre chose encore à considérer en médecine, c'est le milieu intérieur. Il ne faudrait pas croire pour cela que la médecine expérimentale exclut les idées de la médecine antique et qu'elle ne tient pas un grand compte de l'étude des milieux extérieurs : elle déclare seulement cette étude insuffisante, et y ajoute ce que la science a acquis par ses investigations dans les organismes. La médecine expérimentale, loin de repousser la médecine d'observation, n'en est au contraire que la suite et le développement naturel. Il ne pouvait d'ailleurs en être autrement. Si la science d'aujourd'hui ne représentait pas, en la continuant, la science d'autrefois, elle ne serait pas la véritable science, car la science est comme un vaste édifice dont les pierres supérieures reposent sur les pierres inférieures et les supportent nécessairement ; chacun de nous apporte sa pierre au-dessus de la pierre de son devancier, et c'est ainsi que l'édifice s'élève tous les jours de plus en plus. Les anciens n'avaient donc pas plus d'expérience que nous, comme on semble parfois le supposer, et ce n'est point parce qu'une théorie ou une idée est ancienne, qu'elle doit être considérée comme meilleure. On serait au contraire plus près de la vérité en prenant le contre-pied de ce préjugé vulgaire. L'expérience et la haute sagesse que nous avons coutume d'attribuer aux anciens sont un pur effet de l'éloignement, une illusion que l'histoire dément à chaque instant en précisant les faits. En réalité, comme l'a dit Pascal, c'est nous qui sommes les véritables anciens, parce que nous avons amassé les résultats de l'expérience des siècles, et ceux que nous appelons de ce nom représentent la jeunesse du monde avec toutes les incertitudes, les illusions et les faiblesses que comportent les débuts de l'humanité scientifique. Nous ne dirons pas que la science d'aujourd'hui est comme un homme mûr, car la science n'est pas faite, mais elle est, si vous voulez, comme un adolescent dont les forces et les connaissances s'étendent chaque jour davantage. Il est singulier que la réputation de sagesse et d'omniscience qu'on attribue aux anciens soit telle, qu'on nous les représente toujours avec des figures vénérables, une longue barbe, une physionomie grave et méditative, comme s'ils représentaient une science achevée et vieillie. Ici même, dans les peintures qui ornent le plafond de cet amphithéâtre, vous voyez Aristote et Hippocrate courbés pour ainsi dire sous le poids des ans et de la science. Si c'est un emblème de la science qu'on a voulu représenter, il aurait fallu prendre le contre-pied de ce que l'on a fait, et au lieu de vieillards, peindre des enfants qui n'en étaient qu'à leurs premiers bégayements.

Aujourd'hui encore, beaucoup de personnes et même beaucoup de médecins prétendent que la médecine n'est pas une science, mais simplement un art. Comment cette idée a-t-elle pu se former? Il faut bien qu'elle ait sa raison d'être; en voici, suivant nous, l'explication. Une science, c'est un ensemble de faits dont on connaît la loi, de manière à les provoquer ou à les empêcher quand on veut : ainsi, en chimie, on est toujours sûr de produire un corps déterminé quand on met en présence les conditions et les éléments convenables. La médecine ne comprend encore que bien peu de faits dont on connaisse la loi ; il y a seulement des faits empiriques. Le sulfate de quinine guérit la fièvre; mais encore n'opère-t-il pas toujours, et nous ne savons ni pourquoi ni comment il la guérit : car, sans cela, nous n'aurions plus d'exceptions. Or, l'exception est antiscientifique et indique toujours une ignorance plus ou moins complète des phénomènes réels. Il existe encore d'autres faits bien plus obscurs, dont un empirisme plus ou moins grossier nous a donné une certaine approximation ; alors ce n'est plus de la science : cela deviendrait de l'art. La science, en effet, est la même pour tous, puisqu'elle correspond à la raison, c'est-à-dire à une connaissance déterminée et absolue. L'art, au contraire, répond au sentiment, et varie d'une personne à l'autre. La science s'ajoute à elle-même, l'art s'isole et s'individualise : « *L'art, c'est moi ; la science, c'est nous* », dit Victor Hugo dans son appréciation de Shakspeare. La médecine, qui a encore tant d'indéterminé, comprendrait donc beaucoup de parties où l'art, c'est-à-dire le sentiment, dirige et remplace la loi scientifique. Mais remarquons d'abord que le but de la médecine est de découvrir la loi des faits empiriques pour les faire ainsi rentrer dans la classe des faits scientifiques. D'un autre côté, je m'élève contre cette prétention que la médecine soit un art ; car si la médecine est un art, quelle sera donc l'œuvre d'art du médecin? Tout artiste a son œuvre : pour le peintre, c'est son tableau ; pour le sculpteur, sa statue ; pour l'architecte, son édifice ; dirons-nous que l'œuvre du médecin, c'est la guérison de son malade? Sans doute, le langage du monde la lui attribue souvent, comme elle l'accuse de sa mort quand il périt entre ses mains, ce qui fait une compensation. Mais ce serait là une œuvre d'art aussi

Digitized by Google

singulière que contestable. Le médecin, en effet, peut-il bien prétendre qu'il a guéri son malade? « Ce n'est pas moi qui guéris le malade, disait Hippocrate, c'est la nature. » Et bien longtemps après lui, Ambroise Paré s'écriait dans le même esprit : « *Je le pansay, Dieu le guarit.* » La médecine ne saurait donc être un art; elle ne peut être qu'une science d'observation expectante laissant agir la nature, ou une science agissant expérimentalement. Tout le reste est du charlatanisme.

Mais revenons à notre point de départ. Le premier pas à faire, avons-nous dit, dans l'étude de la médecine expérimentale, c'est de définir sa base, c'est-à-dire le milieu intérieur au sein duquel s'accomplissent les phénomènes qu'elle a pour mission d'étudier et de modifier.

Le milieu intérieur n'est autre chose que celui dans lequel vivent les parties élémentaires de l'organisme; les influences du milieu cosmique doivent passer par le milieu intérieur pour atteindre ces parties élémentaires, et c'est ce qui arrive en effet: nous aurons donc à tenir compte des actions extra-organiques qui se mêlent ainsi aux actions intra-organiques pour venir agir de concert sur les éléments de notre organisme.

A première vue, il semble que ce milieu intérieur ne soit autre chose que le sang; mais alors toutes les maladies auraient leur origine dans le sang, ce qui ne serait pas exact; car il peut arriver que les éléments histologiques soient atteints les premiers par des modifications pathologiques, le sang n'étant altéré que consécutivement, et pour ainsi dire par contre-coup. Cependant tout empoisonnement est d'abord un empoisonnement du sang; mais si une substance toxique ne peut agir qu'à la condition d'être introduite dans le sang, il n'en faudrait pas conclure que toute substance toxique introduite dans le sang détermine nécessairement la mort. Ainsi, l'acide sulfhydrique est sans contredit un poison, car il tue rapidement tout animal qui en reçoit une certaine quantité dans ses poumons; cependant on peut l'introduire impunément dans les veines, dans le tissu cellulaire sous-cutané ou dans le canal intestinal, et l'on n'observe pas de malaise chez l'animal expérimenté. Si l'hydrogène sulfuré peut entrer ainsi dans le sang, c'est qu'il circule alors avec lui, arrive à l'oreillette droite, puis au ventricule droit, qui l'envoie aux poumons, d'où il s'échappe dans l'atmosphère, grâce à sa gazéité. Au contraire, quand on l'absorbe par les poumons, l'hydrogène sulfuré arrive dans l'oreillette gauche, et passe ensuite dans le ventricule correspondant, qui le lance à travers les artères : il parvient ainsi jusqu'aux éléments histologiques, où se manifeste alors son influence mortelle. Si la substance toxique introduite dans le système veineux n'est pas volatile, elle empoisonnera alors l'animal, parce qu'elle traversera les poumons sans pouvoir s'en échapper sous forme de vapeur; mais, même dans ce cas, son action ne se produira encore que lorsqu'elle sera parvenue dans le système artériel. L'empoisonnement ne s'effectue donc jamais hors du système artériel; et cela est facile à expliquer, puisque ce système, chargé d'amener le sang aux parties, est évidemment le seul qui puisse y porter la mort aussi bien qu'il y porte la vie.

Ainsi, confondre le milieu intérieur avec le sang, c'est en donner une formule trop large; il faudrait évidemment la restreindre au système artériel. Mais en disant que ce milieu intérieur doit être restreint au seul système artériel, nous n'allons pas encore assez loin. Ce milieu est placé particulièrement à l'extrémité des artères, dans les vaisseaux capillaires qui les terminent, c'est-à-dire au milieu des parties histologiques elles-mêmes. Enfin les globules sanguins ne font point, à proprement parler, partie du sang, en tant que milieu organique : ce sont de véritables cellules nageant au milieu de la liqueur sanguine; leur destruction ou leur altération entraîne sans doute la mort de l'animal, mais ce n'est pas là une propriété qui leur soit particulière : tous les éléments organiques sont dans ce cas, et il suffit de la destruction de l'un quelconque d'entre eux pour que l'harmonie de l'ensemble soit renversée à tout jamais, et par conséquent la vie rendue impossible. Il y a seulement cette différence, que lorsqu'on introduit dans les artères et les veines un poison attaquant spécialement les globules du sang, de l'oxyde de carbone, par exemple, ce poison agit sur place, puisqu'il est mis immédiatement en contact avec les globules; tandis que les autres agents toxiques sont obligés d'aller chercher à l'extrémité du système artériel, dans le milieu intérieur ordinaire, les organismes élémentaires sur lesquels s'exerce leur action. Il y a donc dans ce cas une extension exceptionnelle du milieu organique normal.

Le milieu intérieur, c'est donc le liquide du sang, et, par suite, c'est dans les dépendances de ce liquide qu'il nous faudra chercher les conditions d'existence des organismes élémentaires, conditions que nous avons à déterminer. Voilà du milieu intérieur une définition au moins provisoire qui nous suffira pour éclairer nos recherches; ce n'est qu'en avançant dans nos études qu'il nous sera possible d'en donner une définition rigoureuse et vraiment physiologique.

Grâce à la circulation du sang, les actions toxiques peuvent être portées rapidement dans toutes les parties du corps. Mais il y a aussi des actions locales se produisant dans ce que Virchow (*Pathologie cellulaire*) appelle le territoire des cellules. Comment comprendre ces actions locales, quand on considère le sang comme un véhicule général, sachant d'ailleurs que le circuit est complet chez l'homme en vingt secondes environ? C'est qu'à côté de la circulation générale, toujours très-rapide, il y a aussi des circulations locales bien plus lentes, qui président à ces actions nutritives.

L'action toxique et l'action thérapeutique, c'est toujours la même chose au fond; il n'y a qu'une différence

Digitized by Google

de dose. Trois cas peuvent se présenter dans l'administration d'un poison : 1° action nulle, quand la dose est insuffisante ; 2° action thérapeutique avec une dose modérée et graduée ; 3° enfin, action toxique. La dose correspondant à chaque cas peut être exactement mesurée; mais pour cela il faut toujours tenir compte des variations de l'absorption. Ce point a malheureusement été trop souvent négligé jusqu'ici, et c'est pour cela qu'on a observé, sans les comprendre, une foule de phénomènes très-disparates, ou même tout à fait contradictoires en apparence. Ainsi, la première condition à remplir, quand on veut empoisonner un animal, c'est que le poison qu'on lui donne ne sorte pas au fur et à mesure qu'il est administré, car alors le corps de cet animal serait un véritable tonneau des Danaïdes. Si le poison est éliminé de cette manière aussi vite qu'il est pris, on aura une action nulle constante, ce qui peut se vérifier même avec les poisons les plus actifs, la strychnine, le curare, etc., employés à doses modérées. On fait ainsi passer avec le temps de véritables torrents de matière toxique à travers le corps, sans y produire le moindre désordre organique. Cela tient uniquement à la lenteur de l'absorption, qui est balancée par l'élimination.

Mais comment graduer et régulariser l'absorption ? Voilà un problème qu'il serait très-important de résoudre. On propose d'injecter directement les matières dans le sang, et cela fut même essayé sur des cholériques, parce que l'absorption est considérablement ralentie chez ces malades. L'action semblerait devoir être ainsi beaucoup plus rapide; cependant il n'en est rien, et c'est là d'ailleurs un moyen impraticable. Mais on obtient une absorption tout à la fois plus énergique et plus durable en injectant les substances dans le tissu cellulaire sous-cutané. Voici comment le fait peut s'expliquer. Lorsqu'on injecte ainsi sous la peau, il y a d'abord une action locale; puis, si la matière employée est en quantité assez considérable, la circulation s'en empare et la transporte dans les liquides qui entourent immédiatement les éléments organiques et ne possèdent qu'une circulation lente, de telle sorte que les organismes élémentaires éprouvent une sorte d'imbibition prolongée. Au contraire, quand on injecte tout d'un coup la substance toxique dans les veines, elle se trouve en grande partie éliminée avant d'avoir pu produire son action. Ce n'est point là, du reste, une hypothèse qui rend plus ou moins bien compte des faits, c'est une réalité qu'il nous sera facile de vérifier par expérience.

Le médecin ne peut comprendre l'effet thérapeutique que par l'effet toxique, qui est en quelque sorte le premier à un degré plus élevé, et par conséquent bien mieux accusé ; c'est seulement par ces études qu'il pourra devenir maître de son médicament et calculer avec certitude la dose convenable. Mais, avant tout, il faut régler l'absorption, et l'on ne pourra y arriver qu'en injectant les substances dans le tissu cellulaire sous-cutané ; ce mode d'administration ne présentera jamais aucun danger quand les médicaments seront parfaitement purs, et l'on peut déjà invoquer à cet égard le témoignage de l'expérience, car jamais les injections sous-cutanées, pratiquées dans une foule de circonstances diverses, n'ont entraîné la moindre conséquence fâcheuse pour le malade.

Mais avant d'étudier les phénomènes pathologiques, il faut d'abord se rendre compte de l'état normal dont ils sont une altération. Toute la science des êtres vivants se résume donc dans la connaissance des modificateurs normaux, thérapeutiques et toxiques des éléments histologiques ; cette connaissance pourra fournir l'explication et la loi de tous les phénomènes observés. En effet, nous ne vivons et nous ne périssons que par les éléments histologiques, et chacun d'eux a ses aliments et ses poisons particuliers. Quand nous connaîtrons le mécanisme de tous ces empoisonnements divers, nous pourrons seulement comprendre les moyens scientifiques d'y remédier.

## III.

### De la méthode d'investigation dans les recherches de médecine expérimentale.

La médecine ne peut rester une science expectante : son rôle est d'être expérimentale, et par conséquent d'agir sur le malade et de chercher tous les moyens propres pour cela. En effet, l'ambition de l'homme est la même dans les sciences de la vie que dans les sciences des corps bruts, c'est de soumettre la nature à sa puissance; mais on ne peut dominer la nature qu'en obéissant à ses lois, et pour cela il faut d'abord les connaître.

Donnons immédiatement quelques indications générales sur la méthode d'investigation la plus convenable pour ne pas avoir à y revenir à propos de chaque recherche expérimentale.

La première condition, c'est de prendre un animal vivant : il faut étudier la vie sur la vie même, car en définitive l'anatomie toute seule ne pourra jamais rien expliquer. On agit sur l'animal avec la substance ou le modificateur dont on cherche à déterminer les effets, et en général il faut exagérer tout de suite les choses et produire un excès d'action, c'est-à-dire employer la dose toxique; la mort arrive alors plus ou moins rapidement, et l'on cherche aussitôt, par une autopsie instantanée, comment elle s'est produite, en examinant avec soin comment se sont modifiées les parties histologiques. Se borner aux symptômes extérieurs serait tout à fait insuffisant, car les genres de mort les plus différents en réalité se révèlent souvent par des symptômes en apparence identiques, ressemblant en général à ceux de l'asphyxie.

Prenons pour exemple l'action du curare. C'est un poison dont on a déjà beaucoup parlé et dont on parlera beaucoup encore. M. Claude Bernard lui-même a fait

Digitized by Google

sur ce corps des travaux importants, mais son étude est encore loin d'être épuisée aujourd'hui, et il nous révélera sans doute plus tard bien des faits ignorés jusqu'ici. Ce n'est donc point là, du reste, une assertion hasardée, car M. Claude Bernard doit exposer dans la suite de ce cours plusieurs expériences inédites qui mettront en lumière des propriétés nouvelles du curare et des mécanismes physiologiques jusqu'alors inconnus. Il ne faut jamais se lasser de revenir ainsi sur l'étude du même corps, car un seul poison complétement connu dans tous les détails de son action nous donnerait la connaissance de l'organisme entier. M. Claude Bernard rappelle à ce propos une conversation qu'il eut autrefois avec un philosophe contemporain fort connu qui désirait s'éclairer auprès de lui sur l'état des connaissances physiologiques : ses demandes portant en général sur des questions de connaissance première des phénomènes, M. Claude Bernard lui répondait le plus souvent qu'il ne savait pas. « Mais vous ne savez donc rien, s'écria le philosophe; il n'y a donc pas le plus petit point sur lequel vous ayez atteint la vérité complète d'un phénomène? — Non, répliqua M. Claude Bernard, car la vérité n'est jamais complète; elle est toujours relative, et la recherche n'est jamais finie. Si nous connaissions d'une manière complète la vérité sur un seul point, ce serait la vérité absolue, et nous devrions la connaître également sur tous les autres, parce que, dans l'organisme, tout se tient, et une connaissance entraîne l'autre. » Aussitôt l'animal mort sous l'influence du poison que nous lui avons donné, nous examinons tous ses tissus au point de vue de leurs propriétés physiologiques, pour déterminer celles que le poison a détruites et celles qui ont échappé à son action. Ce sont là les véritables autopsies et les seules fécondes. Les autopsies ordinaires induisent très-souvent dans les plus grandes erreurs. On ne peut, en effet, les pratiquer sur l'homme que vingt-quatre heures après la mort, et au bout d'un temps aussi long il est impossible de rien constater avec certitude relativement au mécanisme de la mort; on trouve souvent des lésions qui n'ont certainement pas été la cause immédiate de la mort, qui peut-être même ne se sont produites que lorsque cette mort était déjà survenue.

La véritable autopsie est donc celle qui se pratique immédiatement après la mort. Dans l'expérimentation pathologique et thérapeutique, on cherche alors sur le cadavre encore palpitant *pourquoi* l'animal a succombé. Mais il faut bien s'entendre sur ce mot. Le véritable *pourquoi* des choses nous sera éternellement inconnu, et il est même absurde de se poser cette question en physiologie. Les choses sont ainsi parce qu'elles sont ainsi et voilà tout. Est-ce dans un vif sentiment de ces limites de notre connaissance et pour se moquer des médecins qui, ne voulant pas les reconnaître, posent des questions absurdes, que Molière met dans la bouche de son candidat-docteur cette réponse plaisante en apparence, mais plus sérieuse qu'elle n'en a l'air : *Opium facit dormire quia est in eo virtus dormitiva cujus est natura sensus assoupire?* C'est qu'en effet on ne peut répondre autre chose. Nous disons bien aujourd'hui que l'opium fait dormir, parce qu'il contient de la morphine, de la narcéine, de la codéine, etc. Mais pourquoi ces substances elles-mêmes font-elles dormir? La question est reculée, mais elle subsiste aussi insoluble qu'auparavant. « La recherche du pourquoi des choses, ainsi que le dit Bacon, nous conduit toujours à une cause sourde qui ne répond plus à nos questions. » Toutes les sciences en sont là : quand le chimiste met en présence de l'acide sulfurique et de la potasse, il voit se former un sel, et pour expliquer le phénomène, il invoque l'affinité, c'est-à-dire qu'il ne fait qu'exprimer le fait, car l'*affinité* n'est qu'un mot destiné à faciliter le langage scientifique, comme l'attraction, comme la cohésion, etc. Ce serait une complète aberration d'esprit que de vouloir y trouver l'explication d'une cause première.

Voici maintenant la grenouille que nous avons empoisonnée par le curare; elle vient de mourir à l'instant même, et nous allons voir, en l'ouvrant sur-le-champ, si nous n'y trouverons pas des lésions organiques qui puissent nous instruire sur le genre de mot auquel elle a succombé. Si nous ne trouvons rien, nous devrons le dire franchement et avouer que la lésion qui a amené la mort correspond à un phénomène physiologique encore inconnu et que nous ne comprenons pas. Mais il n'en restera pas moins certain pour cela que la mort a une cause, bien que nous n'ayons pas su la découvrir : admettre qu'un phénomène pourrait n'avoir pas de cause, ce serait renoncer à la science et en quelque sorte au bon sens, car la science est essentiellement fondée sur l'hypothèse de lois régulières et stables. Lorsqu'on ne trouve aucune lésion dans les organes après la mort, il est des médecins qui se sont crus obligés d'admettre une mort par disparition de la force vitale; c'est là ce qu'ils appellent une *lésion dynamique*, ou une lésion de la force vitale. Ces idées sont encore exposées dans quelques ouvrages assez récents. Mais il y a là une véritable absurdité : une force n'est pas autre chose qu'un certain rapport, une certaine relation entre une cause et l'effet qu'elle produit. Comment comprendre dès lors qu'elle puisse subir des lésions? Qu'un fil vienne à se casser dans la pile électrique qui nous sert et le courant ne passera plus. Dirons-nous qu'il y a eu lésion de l'électricité? Supposer une lésion de la force vitale n'est pas une chose moins ridicule, et de plus, c'est une idée tout à fait contraire au progrès des sciences, car en ayant l'air de satisfaire l'esprit par une solution apparente, elle l'empêche de chercher la solution véritable.

Mais ces lésions organiques, qui sont dans la plupart des cas la cause immédiate de la mort, où devrons-nous les chercher? Dans deux endroits distincts : d'abord, dans les tissus, ou plutôt dans les éléments histologiques dont la texture peut être modifiée. Mais tout n'est

Digitized by Google

point là, car la vie suppose nécessairement un organisme, un milieu et un rapport normal entre cet organisme et ce milieu. Or, la lésion organique produisant la mort peut exister tout aussi bien dans le milieu qui entoure chaque élément que dans la texture de cet élément lui-même. Cette distinction est très-importante, car il y a des poisons dont la mort n'est pas sans appel, et d'autres qui produisent des résultats rebelles à tout traitement. Lorsque c'est seulement le milieu qui est atteint, on comprend en effet qu'on puisse rendre à l'élément histologique son activité première, en purifiant le milieu qui l'entoure : les fonctions de cet élément étant simplement engourdies sous l'influence des conditions ambiantes, quoi de plus naturel que de les réveiller en modifiant ces conditions? M. Claude Bernard croit que l'action du curare doit rentrer dans cette classe, et il démontrera par plusieurs expériences que le nerf moteur ainsi empoisonné a conservé intactes toutes ses propriétés physiologiques et électrotoniques. Mais il s'en faut que tous les poisons soient dans le même cas, et un très-grand nombre produisent des effets irremédiables, l'*upas antiar* par exemple, qui coagule la substance musculaire. Lorsqu'on administre des poisons appartenant à cette seconde catégorie, il se peut qu'on introduise des conditions de mort dans le milieu des éléments histologiques, mais on atteint aussi la texture de ces éléments eux-mêmes, et cela suffit pour que l'effet du poison n'admette aucun remède. Ces éléments histologiques sont comme de petits organes entourés d'un milieu spécial dans l'être vivant; aussi M. Claude Bernard trouve-t-il très-heureux le nom d'*organismes élémentaires* pour désigner ces éléments. Par notre milieu intérieur, nous sommes en quelque sorte comme des animaux aquatiques, car tous les éléments composant notre corps sont plongés dans des liquides, et ce n'est que grâce à à un artifice de construction que nous pouvons marcher dans l'air.

Revenons maintenant à notre grenouille, et procédons à l'examen de chaque élément histologique. Le sang a conservé sa constitution normale et sa circulation (le cœur bat encore), en un mot toutes ses propriétés physiologiques. Les muscles n'ont rien perdu non plus, car en électrisant ceux des cuisses, par exemple, on obtient aussitôt de vives contractions. Passons maintenant au système nerveux : ici l'excitation électrique ne produit plus aucune irritation, et partant, plus aucune contraction musculaire, et cependant les nerfs devraient posséder encore leurs propriétés vitales, car par un temps froid comme celui d'aujourd'hui, les nerfs de grenouille conservent leur irritabilité vingt-quatre heures au moins après la mort. D'ailleurs, voici une autre grenouille tuée un peu avant la première, mais simplement par vivisection, et ses nerfs sont parfaitement irritables, comme il est facile de le constater. La grenouille qui a subi l'action du curare est donc morte par les nerfs, et en poussant l'analyse un peu plus loin, nous verrions même que ce sont les nerfs moteurs seuls qui ont été atteints, les nerfs sensitifs ayant conservé toutes leurs propriétés physiologiques.

Cependant cet élément nerveux moteur a conservé son apparence normale et ses propriétés physiques, notamment en ce qui concerne l'électrotonisme; il ne présente aucune lésion appréciable. Nous pouvons donc supposer que c'est le sang qui a été altéré de telle façon que le nerf moteur ne puisse plus exercer ses fonctions nutritives au milieu de lui. En effet, en pratiquant la respiration artificielle, cette corruption du sang sera éliminée, et l'élément nerveux moteur pourra reprendre ses fonctions, le milieu qui l'entoure étant redevenu normal. Tout ce que nous venons de dire prouve du reste surabondamment combien l'autopsie cadavérique ordinaire nous aurait fourni peu de lumières, car la plupart des constatations précédentes auraient été radicalement impossibles.

Depuis longtemps, l'anatomie histologique s'occupe du système nerveux avec un soin tout particulier, et c'est même un des points de cette science qui sont aujourd'hui les plus avancés. Dans ces derniers temps, on a cherché à déterminer les altérations microscopiques résultant des divers empoisonnements. Ce sont là sans doute des investigations très-difficiles à poursuivre, et qui exigent beaucoup de tâtonnements préalables; mais il est essentiel de les tenter, et M. Roudanovski a déjà même obtenu quelques résultats qui paraissent constants, bien qu'il n'ait pas encore voulu en tirer de conclusions définitives. Ainsi, dans les empoisonnements par l'opium, il a cru constater que la moelle nerveuse entourant le *cylinder axis* était toujours luisante. L'empoisonnement par la nicotine a donné lieu aussi à quelques remarques intéressantes, mais qui paraissent moins solidement établies, et d'ailleurs on n'a encore observé dans ce cas aucune altération spéciale des tissus.

Nous en avons fini avec ces idées générales, et dès notre prochaine séance nous commencerons l'étude détaillée des divers modificateurs ou poisons par ceux qui agissent spécialement sur le système nerveux, notamment le curare et la strychnine.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

### XV

**La moelle épinière est-elle excitable dans ses diverses parties?**

La moelle épinière doit être étudiée, en se plaçant

(1) Les douze premières leçons de ce cours, publiées par la *Revue*

Digitized by Google

successivement à deux points de vue différents, d'abord comme cordon conducteur, puis comme centre nerveux. En effet, elle est la collection des fibres nerveuses destinées à transmettre à l'encéphale les impressions sensitives et à en ramener les excitations motrices; et, d'autre part, elle est aussi un centre pour les mouvements réflexes. Nous suivrons dans cette étude l'ordre que nous venons d'indiquer, en considérant d'abord la moelle comme organe de transmission. Mais il faut avant tout examiner une question préalable d'une grande importance : *Quels sont les effets des excitations sur les diverses parties de la moelle?* Rien ne paraît plus facile que de donner la solution d'un semblable problème. Défions-nous en général de ces questions qui se présentent avec une telle simplicité apparente; ce sont elles qui ont encombré la science du plus grand nombre de notions contradictoires. Cependant, pour celle qui nous occupe, j'espère vous donner une théorie que vous pourrez accepter comme certaine.

Depuis Ch. Bell, on admettait que l'excitation des faisceaux antérieurs et latéraux produisait des convulsions dans les muscles situés en arrière du point attaqué, tandis que l'excitation des faisceaux postérieurs déterminait surtout une douleur plus ou moins vive. C'est, du reste, le premier de ces résultats qu'avait primitivement observé Ch. Bell. Il expérimentait sur un lapin qu'il venait de sacrifier, et constatait qu'on observait des contractions musculaires, à la suite de l'excitation de la partie antérieure de la moelle, bien plus constamment que lorsqu'on excitait la partie postérieure. Magendie appliqua aux faisceaux les résultats qu'il avait obtenus pour les racines, et il dit que l'excitation des faisceaux postérieurs produit de la douleur, et l'excitation des faisceaux antérieurs des contractions musculaires. Pour lui, les faisceaux antérieurs sont plutôt moteurs et les postérieurs plutôt sensibles. Les résultats obtenus par Magendie furent loin de donner une solution définitive du problème. Très-peu de temps après lui, un savant italien, Bellingeri, fait des expériences nouvelles, et en conclut que l'excitation des faisceaux antérieurs produit des mouvements de flexion, tandis que l'excitation des faisceaux postérieurs donne lieu à des mouvements d'extension et à de la douleur. Les deux faisceaux seraient donc moteurs, les postérieurs seuls seraient en même temps sensitifs. On conçoit que dans ces recherches les deux questions relatives à la physiologie de la moelle se mêlent assez intimement pour être souvent confondues. Valentin répète les expériences de Bellingeri et obtient des résultats analogues; mais ces résultats ne s'obtiennent pas constamment, à moins qu'on ne fasse toujours porter les excitations sur des régions toutes spéciales de la moelle. M. Flourens a constaté les mêmes phénomènes que Ch. Bell. Mais comme il expérimentait sur des animaux vivants, il a pu se prononcer plus nettement, et dire que l'excitation de toute la face postérieure de la moelle donne lieu à de la douleur, tandis qu'on n'en produit pas en touchant les faisceaux antérieurs.

M. Calmeil exécuta en 1828 des expériences très-ingénieuses dont on ne comprit malheureusement pas toute la valeur, à cette époque. Il expérimentait sur des agneaux. Après avoir mis la moelle à nu, il excitait la face postérieure avec un compas et obtenait ainsi des bêlements douloureux. De plus, l'excitation d'un seul faisceau postérieur déterminait uniquement des contractions musculaires dans le côté correspondant, tandis que l'excitation des deux faisceaux produisait des convulsions générales. M. Calmeil soulevait ensuite la moelle, et irritait la face antérieure, soit dans la région dorsale, soit dans la région lombaire, soit dans la région cervicale, sans obtenir jamais le moindre résultat; il en conclut naturellement que la face antérieure de la moelle épinière est inexcitable. Coupant ensuite la moelle en travers à deux pouces au-dessus du renflement crural, il excitait les faisceaux postérieurs du bout inférieur, et obtenait ainsi des convulsions dans le train postérieur. Puis il soulevait l'extrémité libre de la moelle avec une pince plate, et irritait alors à plus de vingt reprises les faisceaux antérieurs, sans produire un seul mouvement. Il faisait ensuite sur le même animal une nouvelle section au niveau de la troisième vertèbre dorsale, irritait la face postérieure de ce tronçon, et obtenait des secousses convulsives dans les muscles auxquels se distribuent les nerfs qui partent de ce tronçon; l'excitation lui donnait encore un résultat négatif pour les faisceaux antérieurs. Enfin, il faisait une dernière section au-dessous des pyramides, et les mêmes essais lui donnaient encore les mêmes résultats. Les faits indiqués par M. Calmeil ont été évidemment très-bien observés et sont d'une grande exactitude. Nous verrons qu'ils ont été confirmés plus ou moins complétement par d'autres expérimentateurs; mais les conclusions tirées de ces faits n'ont qu'une valeur relative, car, ainsi que nous le verrons, les effets des excitations des faisceaux antérieurs sont différents de ceux qu'a signalés M. Calmeil, lorsqu'on met en œuvre un autre procédé d'excitation que celui qu'il a employé.

En 1830, Backer constate la sensibilité des faisceaux postérieurs, mais sans observer ces secousses convulsives dont M. Calmeil avait parlé. Il ajoute que l'excitation des faisceaux antérieurs ne détermine pas de douleur, mais bien des contractions dans les muscles. En 1833, Seubert arrive à des conclusions analogues; mais

---

l'année dernière (nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52, p. 433, 488, 525, 552, 571, 625, 664, 702 et 760), ont eu pour objet des généralités sur le système nerveux, puis l'étude des organes périphériques, c'est-à-dire des nerfs sensitifs ou moteurs, et des phénomènes qu'ils manifestent sous l'influence des divers excitants. Nous entrons maintenant dans l'étude des centres nerveux. Les leçons XIII et XIV ont été consacrées à des détails purement anatomiques sur la structure de la moelle épinière dans les différentes classes de l'embranchement des vertébrés.

Digitized by Google

il constate des contractions musculaires, en irritant la face postérieure de la moelle. Vous le voyez, nous voilà à peu près revenus à la doctrine de Ch. Bell.

Magendie institua en 1839 de nouvelles expériences, et revenant sur ses premières conclusions, il attribua une certaine sensibilité à la portion superficielle des faisceaux antérieurs. Ce savant supprima, du reste, une première cause d'erreur, en montrant que toute la surface de la moelle était sensible, tandis qu'en agissant sur les parties profondes, on ne produisait aucune douleur. Magendie étudiait alors la sensibilité récurrente, et pour expliquer cette sensibilité des faisceaux antérieurs, il admit que la récurrence ne s'arrête pas aux racines antérieures, mais que les fibres récurrentes sensitives viennent se rendre aussi à la surface des faisceaux antérieurs et des faisceaux latéraux.

J'arrive aux recherches de M. Longet, faites en 1841, et qui semblent nous conduire à un résultat définitif. Ses expériences ont été faites sur des chiens adultes. Il mettait à nu la portion lombaire de la moelle, et la coupait au niveau de la dernière vertèbre dorsale, de façon à avoir deux segments, l'un caudal, l'autre céphalique.

Après un temps assez long pour que les phénomènes réflexes aient pu disparaître, il appliquait les deux pôles d'une pile faible aux faisceaux antérieurs et aux faisceaux postérieurs du bout caudal. Dans ce dernier cas, les résultats furent négatifs, mais, en excitant les faisceaux antérieurs, il obtint des contractions musculaires violentes, soit dans un seul membre abdominal, soit dans les deux. La galvanisation des faisceaux latéraux produisait dans les membres abdominaux des contractions sensiblement moindres que l'excitation des faisceaux antérieurs. Sur le segment céphalique, il obtint de la douleur en excitant les faisceaux postérieurs, et rien en excitant les faisceaux antérieurs et latéraux qui servent aux propagations centrifuges. Pour M. Longet, les faisceaux postérieurs étaient donc exclusivement sensitifs et les faisceaux antéro-latéraux exclusivement moteurs. Telles sont les conclusions du mémoire de M. Longet : elles furent admises et professées partout, elles semblaient être la solution finale de la question. Mais nous ne devons pas oublier que M. Longet se servait de l'électricité comme excitant, et je vous ai montré que ce moyen pouvait devenir une source d'erreur à cause des courants dérivés.

En 1843, Van Deen, dont nous avons encore à enregistrer les très-nombreuses expériences, arrive à cette conclusion que les faisceaux antérieurs ne sont pas moteurs par eux-mêmes, ni les postérieurs sensitifs, et que si l'excitant qu'on leur applique y produit souvent des résultats notables, c'est qu'on atteint quelques filets radiculaires, car les racines seules sont sensitives ou motrices.

De 1845 à 1856, M. Brown-Séquard aurait constaté aussi que les faisceaux antérieurs ne sont pas excitables par eux-mêmes. M. Cl. Bernard se borne presque à répéter ce qu'avait dit Magendie, et, entre autres faits, il confirme la sensibilité des faisceaux antérieurs et latéraux : pour les premiers surtout, il admet la sensibilité récurrente.

Avant de vous parler des recherches les plus récentes, je dois encore mentionner les expériences de M. Schiff. Son procédé opératoire est à l'abri de tout reproche; il fait sur la moelle une section transversale des faisceaux postérieurs, puis les sépare d'arrière en avant des autres parties de la moelle, dans une étendue de plusieurs centimètres, de telle sorte qu'ils ne tiennent plus à la moelle que par leur extrémité antérieure au point où s'arrête l'opération. Si l'on pince alors, après quelque temps, les faisceaux postérieurs ainsi isolés, très-loin de l'endroit où ils tiennent encore à la moelle, on détermine une vive douleur. Cette expérience nous semble démontrer d'une façon irréfutable que les cordons postérieurs possèdent une sensibilité propre, indépendante des racines postérieures. Enfin, tous les expérimentateurs ont constaté que la substance grise est tout à fait inexcitable; on peut même la détruire sans éveiller le moindre signe de douleur, ni aucune secousse convulsive, chez les animaux expérimentés.

Tel était l'état de la question, et parmi toutes les opinions que je viens de vous exposer, celle de Ch. Bell et de Magendie avait généralement prévalu. Elle était admise par presque tous les physiologistes, surtout depuis les travaux de M. Longet. Or, cette doctrine, qui jouissait d'un semblable crédit, un expérimentateur du plus grand mérite a cherché à établir qu'elle était en grande partie inexacte. M. Chauveau a publié en 1861, dans le journal de M. Brown-Séquard, un mémoire où il relate des expériences faites avec le plus grand soin, et qui semblent au premier abord tout à fait décisives. C'est surtout sur des animaux solipèdes qu'il a expérimenté, et ses recherches se divisent en deux séries. Il a particulièrement porté son attention sur l'excitabilité des divers points de la surface de la moelle, après l'avoir séparée de l'encéphale. Expérimentant d'abord sur les cordons antérieurs et sur les cordons latéraux, il les a grattés et piqués de mille manières différentes, et a posé en principe leur complète inexcitabilité. Passant ensuite aux faisceaux postérieurs, M. Chauveau a constaté qu'ils sont très-excitables : l'excitation du bord externe des faisceaux donne lieu à des contractions et à des manifestations de douleur plus accusées; la douleur tend à disparaître au fur et à mesure que l'on se rapproche du sillon médian. Il a constaté de plus, dans ces expériences comme dans les suivantes, que la moelle était plus excitable à sa surface que dans ses parties profondes. Après avoir expérimenté sur une moelle séparée de l'encéphale, M. Chauveau, pour varier ses expériences, a laissé persister la communication avec l'encéphale, et il a obtenu les mêmes effets qu'en sectionnant la moelle en travers. En excitant les cordons postérieurs près du sillon médian, il observait surtout des mouvements

Digitized by Google

réflexes, et surtout de la douleur près du bord externe. L'excitation des cordons antérieurs et latéraux ne lui donnait aucun résultat.

Il semblerait qu'il n'y ait plus rien à chercher sur cette question après les expériences de M. Chauveau. Mais les difficultés de la physiologie expérimentale se renouvellent incessamment. Sur cette question, si simple en apparence, se sont exercés les physiologistes les plus autorisés, ceux qui pouvaient le mieux constater les résultats de l'expérience, et cependant on ne trouve que des données contradictoires. Celle qui suit détruit celle qui précède. Nous sommes arrivé avec M. Chauveau à cette loi dernière, à savoir, que les faisceaux antéro-latéraux ne sont excitables, ni à leur surface ni dans leurs profondeurs; les faisceaux postérieurs sont inexcitables dans les couches profondes et très-excitables au contraire à leur surface, spécialement près du bord externe, cette dernière excitation produisant de la douleur et des convulsions réflexes. Suivant M. Chauveau, il n'y aurait donc pas dans la moelle une partie antérieure motrice à conduction centrifuge et une partie postérieure sensitive à conduction centripète.

Quant à la substance grise, M. Chauveau, comme tous les physiologistes qui l'ont précédé, a constaté sa complète inexcitabilité. Les autres conclusions de ses recherches ne nous ont fourni d'ailleurs aucune donnée absolument nouvelle. En effet, l'excitabilité des faisceaux postérieurs avait déjà été constatée par M. Calmeil, et Van Deen avait cherché à établir que ces faisceaux ne sont pas sensibles par eux-mêmes chez la grenouille. Magendie avait montré que la surface des faisceaux postérieurs est plus sensible que les couches profondes. Si nous passons aux faisceaux antérieurs, nous trouvons leur inexcitabilité constatée par M. Calmeil et par Van Deen. Il est vrai que ces diverses propositions étaient loin d'avoir été adoptées par la plupart des physiologistes qui continuaient à professer les idées de Ch. Bell, Magendie et Longet.

M. Chauveau, si les conclusions de son travail pouvaient être acceptées, nous aurait donc rendu le grand service de renverser définitivement ces idées erronées, et de nous ramener sans retour à ces faits presque oubliés qu'avaient cherché à établir ses prédécesseurs, et qui devaient désormais servir de point de départ à la physiologie de la moelle. Mais ces faits sont-ils entièrement exacts? Les faisceaux postérieurs sont-ils réellement insensibles par eux-mêmes? Les faisceaux antéro-latéraux sont-ils absolument dépourvus d'excito-motricité? C'est ce qu'il s'agit d'examiner.

Pour ce qui concerne la sensibilité propre des faisceaux postérieurs, je vous rappelle les expériences de M. Schiff que nous avons répétées ici, et qui établissent nettement l'existence réelle de cette sensibilité. Quant aux faisceaux antéro-latéraux, malgré l'accord des résultats obtenus par MM. Calmeil, Van Deen et Chauveau, je ne crains pas de nier leur inexcitabilité. Il semblerait que la démonstration présentée par M. Chauveau ait une certaine rigueur; mais sous cette rigueur se cache une insuffisance réelle que vous allez admettre avec moi. M. Chauveau n'emploie dans ses recherches, comme procédés mécaniques d'excitation, que la piqûre par les épingles ou le grattage. Je sais bien qu'il compare les faisceaux aux racines, et qu'il voit le même excitant agir avec force sur les racines et rester sans effet sur les faisceaux de la moelle épinière. Il prouve ainsi, — ce qui n'est guère contesté, — que les racines des nerfs ont une excitabilité beaucoup plus vive que les cordons médullaires, mais il ne prouve pas l'inexcitabilité de ces faisceaux. Avec ces mêmes procédés d'excitation on n'obtiendrait certainement aucun effet non plus en agissant sur les nerfs, sur le nerf sciatique par exemple, dans certaines conditions données, et cependant on ne conclurait certainement pas de cette épreuve négative que le nerf sciatique ne possède ni sensibilité, ni motricité. Il faut, comme on le sait parfaitement aujourd'hui, des excitations plus ou moins énergiques pour mettre en jeu l'activité des fibres nerveuses dans telle ou telle région. Aussi ne doit-on déclarer que tel ou tel faisceau nerveux est inexcitable que lorsqu'on a eu recours à tous les modes possibles d'excitation. Ces considérations m'ont conduit à rechercher si les résultats négatifs obtenus par M. Chauveau et quelques autres expérimentateurs, relativement aux faisceaux antéro-latéraux de la moelle, n'étaient pas dus à l'insuffisance des procédés dont ils se sont servis, et j'en suis venu à me convaincre qu'en effet il suffisait de se servir de moyens plus puissants d'excitation mécanique pour arriver à des résultats bien différents.

L'expérience que j'ai imaginée sur ce sujet me paraît tout à fait démonstrative. J'enlève les faisceaux postérieurs de la moelle d'un lapin dans la région dorso-lombaire, sur une longueur de 4 ou 5 centimètres au moins. Je coupe alors la moelle en avant de la partie privée ainsi de ses faisceaux postérieurs, et je sectionne ensuite les racines antérieures et postérieures dans toute la longueur de la partie ainsi préparée. Cette partie de la moelle, dépouillée de toutes ses racines et de ses cordons postérieurs, se trouve donc réduite à ses faisceaux antéro-latéraux et à sa substance grise. Si je pique brusquement ces faisceaux avec une grosse épingle, je détermine des mouvements dans les membres postérieurs. Mais ces contractions musculaires, ces soubresauts convulsifs sont encore bien plus prononcés, si je viens à presser les faisceaux entre les mors d'une pince. Ce dernier mode d'excitation ne manque jamais de produire un effet des plus nets, et pour que l'expérience soit plus décisive, il faut pincer les faisceaux antéro-latéraux près du lieu où la moelle est coupée en travers, c'est-à-dire le plus loin possible du point où s'arrête la mutilation de cet organe. Je répète cette expérience devant vous, et vous pouvez voir ces convulsions qui éclatent dans le train postérieur chaque fois que je

Digitized by Google

pince les cordons antéro-latéraux. L'expérience a été faite plusieurs fois aussi sur les chiens, et elle a donné les mêmes résultats. On peut même aller plus loin, et enlever non-seulement les faisceaux postérieurs, mais même les faisceaux latéraux, avec la substance grise, en ne laissant intacts que les faisceaux antérieurs. Pressez ces faisceaux entre les mors d'une pince, et vous observerez encore des mouvements convulsifs dans les membres postérieurs. Ces expériences ne peuvent nous laisser aucun doute : les faisceaux antéro-latéraux pris en masse, et les faisceaux antérieurs examinés séparément, sont excito-moteurs.

Il faut toujours en science se défier des faits absolument négatifs. Ceux de M. Chauveau, pour les faisceaux antérieurs, étaient de cet ordre, et je crois vous avoir montré que le procédé opératoire de ce physiologiste l'avait amené à un résultat inexact.

Il nous faut donc sur cette question revenir à l'opinion de Magendie, de Charles Bell, de M. Flourens, de M. Longet et de la plupart des savants qui s'en sont occupés, et je crois devoir vous poser comme résumé de cette étude les lois suivantes :

1° La substance grise est absolument inexcitable.

2° Les faisceaux antérieurs possèdent un certain degré d'excitabilité motrice.

3° Il est hors de doute que les faisceaux postérieurs sont très-excitables. Ils sont excito-sensitifs, si on laisse la moelle intacte, et seulement excito-moteurs par action réflexe, si la moelle est coupée en travers et séparée de l'encéphale.

La question que nous venons d'examiner était en quelque sorte préalable. C'était un point très-important de la physiologie de la moelle qu'il fallait d'abord élucider ici. Dans la prochaine leçon, nous étudierons la moelle considérée comme organe conducteur du mouvement et de la sensibilité. — E. Bremond.

---

## HOPITAL DE LA CHARITÉ.

## PHYSIQUE MÉDICALE.

### CONFÉRENCE DE M. REMAK (de Berlin).

### III.

### Sur l'application du courant constant au traitement des névroses (1).

L'effet excitant ou plutôt ranimant du courant constant se manifeste dans plusieurs circonstances. D'abord il faut noter que cette recrudescence des forces de tout le corps au moyen du courant n'a pas lieu seulement dans les paralysies centrales, mais encore dans les paralysies périphériques, et d'autant mieux que l'application est faite plus près de la région cérébrale et cervicale. Cet effet se montre surtout quand la faiblesse des centres nerveux est causée par une contraction des grands vaisseaux cérébraux, qui ne laissent pas passer le sang; en ce cas, on voit disparaître bientôt la pâleur de la face, qui pourrait faire croire à une anémie réelle. D'autre part, l'application du courant sur les fonctions des nerfs de la respiration et de ceux du cœur peut améliorer l'état du sang, de sorte qu'après une application prolongée, on voit des gens faibles et pâles recouvrer de vives couleurs et offrir un pouls plus accéléré. Quant à la chlorose et à l'anémie qui proviennent des maladies organiques du foie et des intestins, je dois dire qu'elles ont toujours été rebelles à l'action du courant.

Pour faire comprendre l'action antiparalytique du courant, il faut considérer à part les différentes espèces de paralysies. Si la paralysie dépend d'un travail d'inflammation ou d'excitation dans le trajet des nerfs ou des centres nerveux, le courant détermine un effet que nous appelons catalytique et dont nous parlerons plus tard.

Nous ne nous occuperons aujourd'hui que des expériences relatives aux états paralytiques où il s'agit de ranimer la faiblesse du système nerveux indépendamment de la cause productrice.

Il y a deux sortes de paralysies: 1° la paralysie motrice, et 2° la paralysie sensible, ou anesthésie.

La paralysie motrice ou musculaire peut être complète ou incomplète. Dans ce dernier cas, il peut exister un affaiblissement général de toutes les fibres musculaires, ou une paralysie complète de certains faisceaux seulement. On ne pourra rétablir les muscles dans leur état normal que si tous les centres nerveux, et le trajet des troncs nerveux dont les rameaux se rendent à ces muscles , n'ont pas perdu ou ont déjà regagné leurs fonctions régulières. Dans ce cas seulement, l'action locale antiparalytique du courant sera manifeste.

On observe alors que le courant constant, agissant par l'électrode négative sur les rameaux nerveux qui se répandent dans le muscle affecté, rendra immédiatement à ce muscle sa corrélation avec la volonté et sa force normale en produisant en même temps un gonflement des fibres musculaires.

Le hasard nous permet de mettre sous vos yeux un cas de paralysie du deltoïde qui nous fournit l'occasion de démontrer ces effets.

Il s'agit d'un homme de trente et un ans, emballeur, pâle, mais bien portant du reste, entré à la Charité il y a trois mois, pour un gonflement rhumatismal articulaire des tro s grandes jointures du bras droit. Après avoir été traité pendant trois semaines par les moyens ordinaires, il fut saisi subitement,—d'après l'affirmation de M. Beau, dans le service duquel se trouve le malade, — d'une paralysie complète du deltoïde qui ne céda ni par les vési-

(1) Voy. les nos 2 et 3.

Digitized by Google

catoires, ni par les courants d'induction, et qui l'a laissé dans l'état où nous le trouvons maintenant.

En observant ce malade, on constate que son épaule droite est affaissée sur tout le deltoïde, tandis que les jointures de la main et du coude sont à l'état normal. On ne trouve à l'articulation de l'épaule aucun gonflement, mais une sensibilité exagérée à la capsule synoviale et au deltoïde lui-même, à la surface duquel on voit la trace d'un large vésicatoire.

Si l'on demande au malade de lever son bras droit, on observe qu'il peut à peine l'éloigner de 20 à 30 degrés de la verticale du thorax, et que c'est par l'intervention du trapèze non paralysé. Nous constatons que le trapèze est intact, en priant le malade de rapprocher les omoplates l'une de l'autre, ce qui se fait normalement.

En levant nous-même le bras du malade, nous ne rencontrons presque aucun obstacle, il y a seulement une légère contraction du grand pectoral qui attire l'os en dedans, vers le processus coracoïde. Voilà constatée la paralysie du deltoïde. Au point de vue du diagnostic différentiel, il faut ajouter que la paralysie pourrait coexister avec un gonflement de l'os; mais ce qui est plus important à savoir, c'est que souvent on rencontre, en levant le bras, un obstacle causé apparemment par le gonflement, soit de l'humérus, soit de la cavité glénoïdale, et qui n'est pourtant que la suite d'une forte contracture du grand pectoral, qui attire l'humérus vers le processus coracoïde, en sorte que la tête de l'humérus s'appuie contre le bord antérieur de la cavité. Si dans ce cas l'électrode positive d'un courant de 20 à 30 éléments agit pendant quelques minutes dans la fosse sous-claviculaire, on peut, soit par une application instantanée, soit par des applications répétées, relâcher et ramollir le grand pectoral, et supprimer l'obstacle, en apparence mécanique, qui s'est opposé à l'élévation du bras. Mais dans notre cas cette complication n'existe pas, nous avons affaire à une paralysie simple du deltoïde. Reste à savoir quelles sont l'origine et la nature de cette paralysie.

Au début d'une inflammation de l'articulation humérale, on observe presque toujours une subluxation de la tête de l'humérus vers le processus coracoïde, causée par les mouvements volontaires du malade; c'est surtout cette déviation qui semble prolonger la durée de l'inflammation. Si dans ce cas on applique pendant quelques minutes l'électrode positive sur le plexus brachial, on arrive à diminuer la sensibilité exagérée, et, en relâchant le grand pectoral, à rétablir la tête de l'humérus dans sa position naturelle. En empêchant alors tout mouvement du bras par un bandage approprié, on observe que l'inflammation, qui ordinairement dure des semaines et des mois, se termine avec une étonnante rapidité, évidemment parce que le trouble de la circulation que détermine la compression de l'artère et de la veine circonflexe est supprimé par notre procédé. Si l'on n'applique pas le courant et si la compression persiste, il se développe une *névrite secondaire articulaire* descendante ou ascendante, qui, dans les deux cas, peut engendrer une paralysie du deltoïde : dans le premier, par gonflement et endurcissement des nerfs circonflexes dans le creux de l'aisselle, et dans le second, par gonflement de la partie supérieure du nerf circonflexe jusqu'à son point d'émergence du plexus brachial.

Dans le cas qui nous occupe, en touchant le creux de l'aisselle, nous ne trouvons rien d'anormal; mais, en exerçant une légère pression avec le bout du doigt sur le plexus brachial dans la fosse sus-claviculaire, nous constatons un gonflement douloureux et très-prononcé surtout des cordons inférieurs, où le nerf circonflexe prend son origine.

Quant au pronostic de cette paralysie, on peut affirmer qu'elle est capable de durer des années et même toujours. J'ai traité et guéri par le courant constant des paralysies semblables qui existaient depuis vingt ans. Dans certaines conditions, c'est-à-dire si l'endurcissement de la gaîne des nerfs est supprimé par d'autres moyens, le courant induit exerce quelquefois une influence heureuse, tandis qu'il aggrave l'état des choses, et peut même engendrer des névralgies articulaires si cet endurcissement dure encore.

Il y a deux manières de procéder à l'application thérapeutique du courant dans ce cas.

Nous pouvons commencer par l'excitation des fibres nerveuses intra-musculaires du deltoïde avec le pôle négatif du courant en mouvement, et en gonflant en même temps les fibres musculaires. Mais je prédis d'avance que l'effet sera médiocre, puisque le mal a sa source dans le tronc nerveux et doit être attaqué là. Néanmoins faisons l'expérience de cette manière. Je place le pôle négatif sur le point d'émergence du nerf circonflexe et je promène l'autre pôle à la surface du deltoïde. La contractilité, qui n'est aucunement réveillée par le courant induit, — selon l'interne de M. Beau, — ne l'est pas non plus par le courant constant, si nous effectuons des interruptions, mais elle l'est au bout d'une application continue de quelques minutes. Néanmoins c'est un effet curatif presque nul. Il y a une augmentation de quelques degrés dans l'angle que peut faire le bras avec le corps.

Traitons maintenant les troncs nerveux. Je place le pôle positif d'un courant fourni par 20 à 25 éléments sur le point douloureux du plexus brachial, et le pôle négatif sur l'omoplate du côté opposé, pour nous assurer qu'il ne s'agit pas d'un effet immédiat sur le muscle deltoïde. Laissons agir ce courant jusqu'à ce que sa constance soit arrivée à un maximum, ce qu'on reconnaît à l'immobilité de l'aiguille du galvanoscope. Après une action de deux ou trois minutes, nous enlevons les électrodes, et, comme vous le voyez, le malade lève complétement son bras, c'est-à-dire jusqu'à la position verticale, la main en l'air. — Mais ce mouvement s'accomplit avec une certaine difficulté, et l'on observe une contraction

Digitized by Google

irrégulière des faisceaux du deltoïde. Le malade accuse des craquements dans l'articulation et qu'on saisit à l'audition.

Il faut revenir maintenant au traitement local du deltoïde. En appliquant le courant comme primitivement, la contractilité est plus énergique et le gonflement des fibres beaucoup plus prononcé; aussi y a-t-il une rougeur très-vive de la peau, surtout au pôle positif. Le malade lève actuellement son bras sans aucune gêne, il le meut en tout sens et avec la plus grande facilité, comme un gymnaste ou un athlète. Et si l'on touche le point douloureux du plexus brachial, on constate qu'il est moins sensible et moins dur.

Pour terminer l'explication de ces phénomènes qui excitent à juste titre l'étonnement, il faut ajouter que le courant, en agissant sur le plexus brachial, a dû aussi toucher de près les rameaux du grand sympathique qui se rendent aux vaisseaux sanguins du bras, et sous la dépendance desquels, d'après la découverte de notre illustre ami Cl. Bernard ici présent, se trouvent les parties musculaires des parois des vaisseaux. Ainsi, cette action du courant n'a pas engendré seulement une excitation des fibres nerveuses motrices, excitation faible, puisque nous avons employé ce pôle positif, mais elle a déterminé de plus une dilatation des vaisseaux sanguins et un afflux abondant de sang aux parties paralysées, afflux qui joue un grand rôle dans l'accomplissement des phénomènes qui se sont passés sous vos yeux.

Pour obtenir une guérison complète, il faudra appliquer encore quelquefois le courant, afin de rétablir parfaitement l'état normal des quelques fibres qui pourraient avoir échappé aujourd'hui à notre action.

REMAK.

— La suite très-prochainement. —

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE

#### Les équivalents.

Nous avons dit précédemment que les symboles figuratifs des corps représentent non-seulement telle ou telle substance, mais encore et pour chacune d'elles un poids déterminé; nous avons de plus fait pressentir que la formule symbolique d'un corps composé indiquait à la fois et le nom et le poids de chacun des corps simples qui concourent à sa formation. Les poids correspondants aux symboles portent le nom de *poids équivalents*, ou par abréviation le nom d'*équivalents* des corps. Quelques exemples vont faire comprendre le sens chimique de ce mot *équivalent*.

Lorsque le chlore et l'eau, en présence, sont soumis à l'action de la chaleur ou de la lumière, on observe que 35gr,5 de chlore s'emparent de 1 gramme d'hydrogène pour former de l'acide chlorhydrique, et que 8 grammes d'oxygène sont mis en liberté : 35gr,5 de chlore remplacent donc 8 grammes d'oxygène.

Nous exprimons abréviativement ces faits par l'égalité :

$$Cl + HO = HCl + O.$$

Dans laquelle Cl signifie 35gr,5 de chlore, — H indique 1 gramme d'hydrogène, — O représente 8 grammes d'oxygène, — et HO signifie 9 grammes d'eau.

Le chlore mis en présence de l'acide sulfhydrique le décompose, 35gr,5 de chlore s'emparent de 1 gramme d'hydrogène pour former de l'acide chlorhydrique et 16 grammes de soufre se déposent : 35gr,5 de chlore remplacent donc 16 grammes de soufre :

$$Cl + HS = HCl + S.$$

L'oxygène mis en contact avec de l'acide sulfhydrique humide décompose ce dernier, 8 grammes d'oxygène s'emparent de 1 gramme d'hydrogène, il se forme de l'eau et 16 grammes de soufre se déposent : 8 grammes d'oxygène remplacent donc 16 grammes de soufre.

$$O + HS = HO + S.$$

Comme 1 gramme d'hydrogène s'est uni successivement avec 8 grammes d'oxygène, 16 grammes de soufre, 35gr,5 de chlore pour former l'eau, l'acide sulfhydrique et l'acide chlorhydrique, ne sommes-nous pas en droit de conclure que 8 grammes d'oxygène, 16 grammes de soufre, 35gr,5 de chlore sont des poids équivalents de ces corps vis-à-vis de 1 gramme d'hydrogène ?

Une série d'expériences de même ordre, exécutées sur les autres métalloïdes, montrerait qu'il existe un poids déterminé de ces corps, qui remplace 8 grammes d'oxygène, 35gr,5 de chlore, 16 grammes de soufre vis-à-vis de 1 gramme d'hydrogène; nous nommerons ce poids, variant d'un corps à l'autre, mais toujours le même pour chacun d'eux, l'*équivalent* de ce corps.

Les métaux donnent lieu à des phénomènes analogues. Si l'on jette un fragment de potassium dans l'eau, l'hydrogène est immédiatement chassé, 39 grammes de potassium remplacent 1 gramme d'hydrogène, et l'on a de l'oxyde de potassium au lieu d'eau ou d'oxyde d'hydrogène que l'on avait auparavant. La quantité d'oxygène n'a pas changé, elle reste de 8 grammes dans les deux cas. C'est ce que nous exprimons par l'égalité :

$$K + HO = KO + H.$$

Le zinc mis en contact avec de l'acide sulfurique hydraté, en chasse l'hydrogène, le remplace et donne du sulfate d'oxyde de zinc : 1 gramme d'hydrogène est remplacé par 33 grammes de zinc, vis-à-vis de 8 grammes d'oxygène. Ce déplacement s'exprime très-simplement par l'égalité :

$$Zn + SO^3HO = ZnO,SO^3 + H.$$

Le sulfate de cuivre est décomposé par le zinc, qui chasse le premier métal, et s'y substitue. L'expérience montre que 33 grammes de zinc remplacent toujours 32 grammes de cuivre :

$$CuO,SO^3 + Zn = ZnO,SO^3 + Cu.$$

Le sulfate d'argent traité par le cuivre est décomposé, 32 grammes de cuivre remplacent donc 108 grammes d'argent :

$$AgO,SO^3 + Cu = CuO,SO^3 + Ag.$$

Dans ces diverses réactions, l'oxyde d'hydrogène, l'oxyde de zinc, l'oxyde de cuivre, l'oxyde d'argent, contenaient cha-

(1) Voy. le n° 3.

Digitized by Google

cun 8 grammes d'oxygène; nous pouvons donc conclure de ces expériences que :

1 gramme d'hydrogène, 39 grammes de potassium, 33 grammes de zinc, 32 grammes de cuivre, 108 grammes d'argent, sont des poids équivalents vis-à-vis de 8 grammes d'oxygène. Tout ne se borne pas là, ces poids sont aussi équivalents vis-à-vis de 35gr,5 de chlore et 16 grammes de soufre qui sont eux-mêmes, nous l'avons vu, équivalents à 8 grammes d'oxygène, vis-à-vis de 1 gramme d'hydrogène. On a donc le droit de dire que les poids énoncés sont les poids équivalents de ces corps.

Des substitutions analogues à celles que nous venons de citer permettent de déterminer les poids équivalents de tous les corps.

Tous ces nombres sont dans des rapports constants, l'un d'eux déterminé, tous les autres s'en déduisent; mais il est clair que le point de départ est arbitraire. On prend généralement aujourd'hui l'équivalent de l'hydrogène pour unité, $H = 1$, parce que ce point de départ donne des nombres simples pour la plupart des équivalents, beaucoup d'entre eux étant des multiples exacts de celui de l'hydrogène. On partait autrefois de l'équivalent de l'oxygène, que l'on prenait égal à 100; on avait alors des nombres plus compliqués, sans avoir pour cela une exactitude plus grande.

Les corps simples ne sont pas les seuls qui puissent se remplacer par des poids déterminés : il existe aussi des poids équivalents pour les corps composés.

Ainsi, 40 grammes d'acide sulfurique peuvent être neutralisés successivement par 47 grammes de potasse, 31 grammes de soude, 76 grammes de baryte, 28 grammes de chaux, 116 grammes d'oxyde d'argent, etc. Ces poids de bases sont donc équivalents vis-à-vis de 40 grammes d'acide sulfurique.

De même, 47 grammes de potasse peuvent être neutralisés successivement par : 54 grammes d'acide azotique, 75gr,5 d'acide chlorique, 95gr,5 d'acide perchlorique, 22 grammes d'acide carbonique, etc., et ces poids sont aussi équivalents vis-à-vis des poids de bases que nous avons cités tout à l'heure.

Remarquons que la potasse, dont la formule est KO, a pour équivalent $47 = 39 + 8$, c'est-à-dire la somme des nombres représentés par K et O; que l'acide sulfurique, dont la formule est $SO^3$, a pour équivalent $40 = 16 + (3 \times 8)$, etc., c'est-à-dire enfin que l'équivalent d'une base, d'un acide ou d'un corps composé quelconque est égal à la somme des équivalents représentés par les symboles qui entrent dans sa formule.

### L'oxygène.

L'oxygène a été découvert par Priestley, le 1er août 1774. Il l'obtint en soumettant l'oxyde rouge de mercure (précipité *per se*) à l'action de la chaleur du soleil concentrée par une forte lentille. Scheele, chimiste suédois, isola ce corps peu de temps après, sans avoir connaissance des travaux de Priestley. Cette découverte eut d'immenses résultats; elle conduisit Lavoisier à la détermination de la composition de l'air et à la théorie exacte de la combustion, de la respiration, de l'acidification et de l'oxydation des corps.

L'oxygène n'a ni odeur, ni saveur, ni couleur; sa densité, rapportée à celle de l'air, est 1,1056. Un litre d'air pris à 0 degré, et sous la pression de 0m,76 pèse 1gr,293, un litre d'oxygène pèsera donc, dans les mêmes conditions, $1^{gr},293 \times 1,1056 = 1^{gr},429$. L'oxygène est un gaz *permanent*, c'est-à-dire que l'on n'a pu encore le liquéfier, même en employant les pressions les plus grandes, jointes au froid le plus énergique; aussi ce gaz est-il peu soluble dans l'eau et les autres liquides. Ces deux propriétés sont en effet intimement liées, et l'on peut dire en général qu'un gaz peu soluble dans l'eau est permanent, ou difficile à liquéfier, tandis qu'un gaz très-soluble se liquéfie facilement.

L'oxygène est un corps très-comburant. Si l'on plonge dans une éprouvette pleine de ce gaz une allumette ne présentant plus que quelques points en ignition, elle se rallume avec vivacité et continue de brûler avec éclat. La combustion du soufre, du charbon, du phosphore, se fait dans l'oxygène avec beaucoup plus d'éclat que dans l'air. Ces trois corps donnent, en brûlant, naissance à des acides. Cette propriété peut être regardée comme générale pour les métalloïdes. Le soufre donne l'acide sulfureux, le charbon l'acide carbonique, le phosphore l'acide phosphorique. Les métaux peuvent aussi brûler dans l'oxygène, mais on n'obtient alors que des bases ou des oxydes indifférents. Le potassium donne la potasse, qui est le type des bases; le magnésium donne la magnésie, qui est un oxyde basique; le fer donne l'oxyde magnétique, $Fe^3O^4$, qui n'est pas un acide. La combustion des métaux dans l'oxygène donne souvent lieu à des phénomènes lumineux très-remarquables. Le magnésium donne en brûlant l'une des plus belles lumières connues. La combustion du fer est aussi fort remarquable. Pour cette expérience, on fait une spirale avec un ressort de montre préalablement recuit, on épointe une de ses extrémités, à laquelle on fixe un petit morceau d'amadou; l'autre extrémité est plantée dans un bouchon; on enflamme l'amadou et l'on plonge le tout dans une cloche pleine d'oxygène et reposant sur une assiette recouverte d'eau. La combustion de l'amadou échauffe assez le fer pour lui faire prendre feu, et la combustion gagne de proche en proche, en jetant de vives et nombreuses étincelles. La chaleur produite est assez intense pour que l'oxyde de fer fondu tombe en gouttes liquides, traverse l'eau, et vienne s'incruster profondément dans l'assiette.

Les expériences précédentes démontrent que les métalloïdes et les métaux peuvent s'unir avec l'oxygène en produisant de la lumière et de la chaleur : c'est ce que l'on nomme la *combustion vive*. Dans l'air, les combustions peuvent aussi avoir lieu, la cause en est la même en raison de l'oxygène qu'il renferme, et si les combustions ont moins d'éclat, c'est parce que l'oxygène se trouve alors mêlé à de l'azote, qui atténue ses effets. Le mot combustion est donc synonyme d'oxydation. L'oxydation des corps ne se fait pas toujours d'une manière rapide et accompagnée d'incandescence. Ainsi, lorsque le fer se rouille à l'air, on ne constate aucune production de lumière ni de chaleur. De la chaleur se dégage cependant, mais on ne peut le constater, parce qu'elle se dissipe à mesure qu'elle se produit, en raison de la lenteur de l'oxydation. Ce second mode d'oxydation porte le nom de *combustion lente*.

La *respiration* des animaux est encore un phénomène de combustion, c'est lui qui produit la chaleur nécessaire à la vie. Lavoisier avait cru que la combustion du sang par l'oxygène de l'air avait lieu dans les poumons mêmes; il est bien démontré aujourd'hui qu'il ne s'y passe qu'un simple phénomène de déplacement. L'acide carbonique, dont le *sang veineux* est chargé, s'exhale dans l'air et se trouve remplacé par de l'oxygène; aussitôt, ce sang qui avait une teinte noirâtre change de couleur et prend une teinte vermeille, il est trans-

Digitized by Google

formé en *sang artériel* : ce dernier retourne au cœur, puis dans les diverses parties du corps qu'il traverse, éprouve l'action comburante de l'oxygène qu'il a dissous, et se recharge d'acide carbonique. Un homme de moyenne taille brûle environ 12 grammes de carbone par heure, ce qui nécessite 537 litres d'oxygène par jour.

L'oxygène n'est pas le seul corps qui puisse produire des combustions, les autres métalloïdes et surtout le chlore, le soufre jouissent de propriétés analogues, et donnent des chlorures, des sulfures, etc., dans les conditions où l'oxygène donne des oxydes. Il faut donc étendre le sens du mot *combustion*, et le rendre presque synonyme du mot *combinaison*. On le prend cependant le plus souvent dans le sens d'*oxydation*.

Par suite de ce que nous venons de dire, on peut diviser les corps en corps comburants et corps combustibles, sans que cependant il y ait de démarcation bien tranchée entre ces deux classes, car tel corps qui est comburant par rapport à un second est combustible par rapport à un troisième. L'oxygène et le chlore sont les comburants par excellence, le soufre vient après, et les autres métalloïdes suivent. Quant aux métaux, ils sont essentiellement combustibles.

L'équivalent de l'oxygène est représenté par 8; c'est en effet la quantité de ce corps qui s'unit à 1 d'hydrogène, pour former le protoxyde d'hydrogène, c'est-à-dire l'eau.

L'oxygène est de tous les corps le plus répandu dans la nature. Il forme le cinquième du volume de l'air, les huit neuvièmes du poids de l'eau, il fait partie intégrante des animaux et des végétaux ; presque tous les minéraux en contiennent, et il forme à lui seul un tiers au moins de la croûte terrestre.

### PRÉPARATION DE L'OXYGÈNE.

Un grand nombre de composés oxygénés peuvent abandonner dans certaines conditions la totalité ou une partie de l'oxygène qu'ils contiennent. Les plus employés sont le bioxyde de manganèse, minéral assez commun, et le chlorate de potasse, qui est une substance artificielle.

Le bioxyde de manganèse peut donner de l'oxygène par deux méthodes : soit par simple calcination, soit sous l'action de la chaleur et de l'acide sulfurique.

1° *Par la calcination du bioxyde de manganèse.* — Le bioxyde réduit en poudre est introduit dans une cornue de grès que l'on remplit jusqu'aux deux tiers. Le col essuyé, on y adapte un bouchon muni d'un tube de dégagement deux fois recourbé qui le traverse à frottement; puis la cornue est placée dans un fourneau à réverbère où on la consolide au moyen d'un fil de fer. Le tube abducteur se rend dans une cuve à eau dont la disposition est trop connue pour prendre place ici.

Le dégagement commence dès que la cornue arrive au rouge; on laisse perdre les premières portions du gaz qui se dégage, parce qu'elles sont presque exclusivement formées par l'air qui remplissait l'appareil, et l'on commence à recueillir quand une petite éprouvette d'essai donne un gaz rallumant facilement une allumette qui présente encore quelques points en ignition. On entretient le feu tant que le dégagement continue. Lorsqu'on arrête l'opération, il faut enlever tout de suite le tube abducteur afin d'empêcher que le refroidissement n'amène une absorption, car l'eau pénétrant dans la cornue encore rouge pourrait causer une explosion. Il reste dans la cornue un oxyde brun rougeâtre de manganèse qui ne renferme que les deux tiers de l'oxygène du bioxyde. La chaleur a donc fait perdre à ce dernier un tiers de l'oxygène qu'il contenait. La formule du bioxyde de manganèse est $MnO^2$ et l'équation suivante rend compte de la réaction :

$$3\,(MnO^2) = Mn^3O^4 + O^2.$$

Si nous remplaçons les symboles Mn et O par les nombres correspondants, nous trouvons que $3(MnO^2)$ correspond à $130^k,5$ et $O^2$ à 16, donc $130^k,5$ de bioxyde de manganèse donnent 16 kilogr. d'oxygène. La quantité de gaz fournie par 1 kilogr. de bioxyde sera donnée par la proportion :

$$\frac{130,5}{1} = \frac{16}{x}$$

Ce qui donne $x = 122$ grammes, ou $85^{lit},4$ d'oxygène.

L'oxygène ainsi obtenu n'est pas pur, parce que le bioxyde de manganèse, tel qu'on le trouve dans la nature, renferme toujours des azotates et des carbonates. Les azotates sont en petite quantité et donnent environ 3 pour 100 d'azote; mais les carbonates sont souvent en assez grande proportion pour que l'acide carbonique qu'ils dégagent par la calcination vienne affaiblir très-sensiblement les propriétés comburantes de l'oxygène. On évite cet inconvénient, soit en traitant au préalable le bioxyde de manganèse par l'acide chlorhydrique faible, qui détruit les carbonates et donne des chlorures solubles dont on se débarrasse par des lavages à l'eau; soit en faisant passer le gaz dans un flacon laveur contenant une dissolution de potasse ou de soude : si le dégagement n'est pas trop rapide, tout l'acide carbonique est retenu par l'alcali sous forme de carbonate. L'oxygène produit par ce procédé ne revient pas à plus de 4 francs le mètre cube.

2° *Par le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique.* — Le bioxyde de manganèse est un oxyde qui ne s'unit ni aux acides ni aux bases; mais le protoxyde est une base ayant grande affinité pour les acides. Aussi, en chauffant le bioxyde de manganèse en présence de l'acide sulfurique concentré, ce bioxyde se dédouble en protoxyde qui s'unit à l'acide sulfurique pour former du sulfate de protoxyde de manganèse et en oxygène qui se dégage. L'égalité suivante rend compte de la réaction :

$$MnO^2 + SO^3,HO = MnO,SO^3 + O + HO.$$

Dans cette opération, on obtient donc la moitié de l'oxygène contenu dans le bioxyde, au lieu du tiers que l'on avait dans l'opération précédente. Cette préparation se fait dans un ballon de verre que l'on fait suivre ordinairement d'un flacon laveur contenant une dissolution de potasse, afin de retenir l'acide carbonique.

3° *Par le chlorate de potasse.* — Le chlorate de potasse a pour formule $KO,ClO^5$; en le chauffant, il se dédouble en oxygène, qui se dégage, et en chlorure de potassium qui reste dans la cornue où se fait l'opération. Cette réaction est exprimée par l'égalité suivante :

$$KO,ClO^5 = KCl + O^6.$$

La cornue dans laquelle se fait l'expérience doit être en verre très-peu fusible. La chaleur commence par fondre le chlorate en un liquide très-limpide, qui ne tarde pas à se troubler, parce que des bulles de gaz s'échappent de tous ses points. Bientôt le liquide s'épaissit, parce que tout l'oxygène ne se dégage pas, une partie se porte sur le chlorate non dé-

Digitized by Google

composé et le transforme en perchlorate, $KO,ClO^7$, ainsi que l'indique l'égalité suivante :

$$2(KO,ClO^5) = KO,ClO^7 + KCl + O^4.$$

A ce moment, il faut chauffer davantage, parce que le perchlorate est plus difficile à décomposer et moins fusible; finalement, il se dédouble d'une manière analogue à ce qui se passe pour le chlorate :

$$KO,ClO^7 = KCl + O^8.$$

1 kilogramme de chlorate de potasse donne 274 litres d'oxygène. L'oxyde de cuivre, le sesquioxyde de fer, le bioxyde de manganèse exercent sur le chlorate une action de présence, complétement inexpliquée, qui facilite singulièrement sa décomposition. Certaines proportions, par exemple un trentième de sesquioxyde de fer, rendent la décomposition tellement brusque, qu'il peut y avoir explosion. Un mélange à poids égaux de chlorate et d'oxyde étranger n'offre aucun danger. L'oxyde que l'on doit préférer pour ce mélange est l'oxyde rouge de manganèse, résidu de la préparation de l'oxygène; il est sans valeur, et ne dégage ni azote ni acide carbonique.

*Extraction de l'oxygène de l'air.* — L'énorme quantité d'oxygène contenue dans l'atmosphère a conduit naturellement à chercher à en retirer ce gaz, mais on n'est pas encore parvenu à l'en extraire couramment et d'une façon économique. Le procédé par lequel Priestley isola l'oxygène donne bien une solution du problème, mais elle est beaucoup trop dispendieuse. M. Boussingault a fait connaître un autre procédé basé sur les deux réactions suivantes : la baryte portée au rouge sombre absorbe l'oxygène de l'air et se transforme en bioxyde de baryum, et le bioxyde de baryum, chauffé au rouge vif, régénère la baryte et dégage de l'oxygène.

Pour réaliser successivement ces deux réactions, on fait passer un courant d'air débarrassé d'acide carbonique dans un tube de porcelaine rempli de fragments de baryte, et placé dans un fourneau dont on ferme presque toutes les ouvertures afin de n'obtenir que le rouge sombre. L'absorption de l'oxygène est évidente, car le gaz qui sort du tube éteint les corps en ignition; elle est terminée lorsque ce gaz recommence à entretenir la combustion. On arrête alors l'arrivée de l'air, et l'on débouche les ouvertures du fourneau; la température remonte bientôt au rouge vif, et l'oxygène se dégage en abondance. On peut recommencer ainsi un certain nombre de fois la même opération. Malheureusement la baryte éprouve peu à peu un certain retrait, perd ses propriétés absorbantes et se trouve hors de service. M. Boussingault est cependant parvenu à employer seize à dix-sept fois de suite le même oxyde. Il faut se garder de dessécher l'air, parce qu'une certaine quantité de vapeur d'eau favorise l'oxydation de la baryte.

OZONE.

En 1783, Van Marum reconnut que l'oxygène soumis au passage d'un très-grand nombre d'étincelles électriques acquiert une odeur particulière qu'il crut être l'odeur *propre* de l'électricité. En 1840, M. Schœnbein annonça que l'oxygène obtenu par l'action de la pile sur l'eau est odorant lorsque les électrodes, ainsi que la matière qui rend l'eau conductrice, ne sont pas susceptibles de s'oxyder. Il crut que cette odeur était due à la présence d'un corps simple nouveau, voisin du chlore et du brome, parce que comme eux il chasse l'iode des iodures, et il le nomma ozone (de ὄζω, je sens). Mais il résulte de nombreuses expériences dues à MM. de la Rive, Marignac, Becquerel et Fremy, Andrews, etc., que l'ozone est une variété allotropique de l'oxygène.

L'ozone possède, outre son odeur, des propriétés différentes de celles de l'oxygène, ses affinités sont beaucoup plus énergiques. Il oxyde à froid le mercure et l'argent, s'unit directement à l'azote, oxyde énergiquement les composés oxygénés inférieurs, brûle l'hydrogène et l'azote de l'ammoniaque en donnant de l'eau et de l'acide azotique, chasse l'iode des iodures, s'unit en présence de l'eau avec le chlore, le brome et l'iode, décolore la teinture de tournesol et les autres matières organiques colorées. Il se détruit par le contact du caoutchouc, des corps gras et des poussières organiques. L'eau oxygénée, le bioxyde de manganèse, le charbon en poudre le détruisent aussi par simple contact.

L'ozone ne se produit pas seulement dans la décomposition de l'eau par la pile, M. Schœnbein l'a aussi obtenu en faisant passer lentement de l'air sur des bâtons de phosphore plongés en partie dans l'eau. MM. Becquerel et Fremy l'ont produit en faisant passer, au moyen d'une bobine d'induction, une série d'étincelles électriques dans de l'oxygène sec. L'ozone se dégage encore dans un certain nombre de circonstances, entre autres pendant l'oxydation de l'essence de térébenthine et de quelques substances analogues. Ce dernier mode de production est important à cause du très-grand nombre d'arbres résineux qui se trouvent à la surface du globe.

Un certain nombre de circonstances favorables à la formation de l'ozone se réalisant dans la nature, il n'est pas étonnant que l'on ait constaté la présence de ce corps dans l'air. C'est à lui que l'on doit attribuer, selon toute probabilité, un grand nombre des oxydations qui se passent autour de nous, notamment la production du nitre sur le sol, et celle de l'acide azotique qui existe toujours dans l'air, ainsi que l'a démontré M. Cloëz.

C'est lui aussi qui tend à brûler constamment l'acide sulfhydrique et les diverses émanations putrides : il est donc le grand purificateur de l'atmosphère, et nous fournit une fois de plus un exemple de l'admirable équilibre qui existe entre les diverses forces naturelles. — PIGNAN.

---

La librairie Germer Baillière commencera en 1865 la publication d'une nouvelle bibliothèque consacrée à l'HISTOIRE CONTEMPORAINE, qui se composera de volumes de 300 à 400 pages format in-18, au prix de 3 fr. 50 c.

Le premier ouvrage publié sera l'*Histoire de la Révolution française*, par Th. Carlyle, traduite de l'anglais par MM. ELIAS REGNAULT et ODYSSE-BAROT, qui paraîtra dans quelques jours. Cette histoire se composera de trois volumes intitulés : *la Bastille*, *la Constitution*, *la Guillotine*.

---

*Sommaire de la Revue des cours littéraires du 14 janvier 1865.*

COLLÈGE DE FRANCE. Cours de M. *Frank* : Principes philosophiques du droit civil. — NOTRE-DAME DE PARIS. Conférence du *Père Hyacinthe* : Du Déisme. — SORBONNE. Cours de M. *Eichoff* : La poésie indienne. — Cours de droit civil de M. *Valette*.

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 8. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 21 JANVIER 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 11 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, | 15 fr. | Départ., | 18 fr. | Étranger, | 20 fr. |
| Un an..... | — | 26 | — | 30 | — | 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences.**

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Physique.** — Conférence de **M. Fermet** : La photographie.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : IV et V. Le curare ; de son absorption et de l'absorption en général.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : La moelle épinière considérée comme organe de transmission.

ÉCOLE DE PHARMACIE. — **Botanique.** — Cours de **M. Chatin** : III. Organographie végétale.

Paris, 20 janvier 1865.

C'était lundi dernier que l'*Académie des sciences* devait enfin élire un membre dans la section de mécanique en remplacement de M. Clapeyron, dont la succession a causé, comme on le sait, les discussions les plus vives. La section compétente, pour se tirer d'embarras, a eu l'air d'oublier les deux seuls candidats sérieux entre lesquels il fallait opter, et elle a proposé en première ligne M. Phillips, et en seconde ligne M. Rolland. Mais à la suite de la discussion des titres, l'Académie a complété cette liste en y ajoutant M. le colonel Favé et M. Foucault. Au premier tour de scrutin, sur 61 votants, M. Foucault a obtenu 20 voix, M. Favé 30, M. Phillips 10, et M. Rolland 1, plus un bulletin blanc. Au second tour de scrutin, le colonel Favé n'obtenait plus que 29 voix, M. Foucault en avait 30, et M. Phillips en conservait 2. On procéda alors, malgré les réclamations de M. Pouillet, qui voulait un troisième scrutin libre, à un scrutin de ballottage qui donna 30 voix à M. Foucault et 30 à M. Favé, la 61e s'étant encore égarée sur M. Phillips. L'élection n'aboutissait donc pas, et, aux termes du règlement, elle aura lieu lundi prochain. C'est dans les péripéties de cette élection si vivement disputée que résidait le véritable intérêt de la dernière séance, et il était visible que beaucoup de personnes n'étaient venues ce jour-là au palais Mazarin que pour y assister. On va, dit-on, publier les débats auxquels a donné lieu, dans les comités secrets de l'Académie, la discussion des titres des divers candidats. Cette publication ne peut manquer d'être féconde en révélations curieuses.

M. Claude Bernard a présenté de la part de M. le docteur Duchenne (de Boulogne) des études microscopiques et photographiques sur l'anatomie du grand sympathique. C'est le point de départ de toute une série de travaux qui promettent d'être fort intéressants. Ce que nous en connaissons aujourd'hui montre déjà que les ganglions centraux et latéraux du grand sympathique n'ont pas la même structure, et que le ganglion cervical supérieur joue, en quelque sorte, le rôle de ganglion central pour ce système, opinion qui est, du reste, en rapport avec diverses données de l'anatomie comparée.

Enfin, M. Faye a fait une communication très-intéressante sur la *constitution physique du soleil*, qu'il doit continuer lundi prochain. M. Le Verrier se propose de contester une partie de ses conclusions. Nous rendrons compte de cette discussion dans le prochain numéro, en analysant le travail de M. Faye tout entier. E. A.



Digitized by Google

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### PHYSIQUE.

CONFÉRENCE DE M. FERNET.

**La photographie.**

La photographie est l'art de produire et de fixer les images par l'action de la lumière. Longtemps avant les photographes, le soleil avait effectué et il effectue encore autour de nous des phénomènes photographiques. Tout le monde a remarqué que les feuilles du bourgeon, blanches au moment où elles s'épanouissent, ne tardent pas à se colorer en vert sous l'influence de la lumière. Cette couleur verte est due à la présence d'une matière spéciale, la chlorophylle, qui se développe alors dans les utricules des feuilles. Cette matière est d'autant plus abondante que la plante est plus inondée de soleil. Les feuilles les plus élevées sont les moins favorisées sous ce rapport. Aussi sont-elles toujours plus colorées que les inférieures, dont l'insolation est beaucoup moins complète. Si l'ombre devient trop intense, toute coloration disparaît, et les feuilles, absolument dépourvues de chlorophylle, restent parfaitement blanches. C'est ce qui arrive pour certains végétaux qui poussent spontanément dans les caves, ou que l'on soustrait à l'action des rayons lumineux pour rendre leurs feuilles plus tendres et plus agréables au goût.

Tous les physiciens savent d'ailleurs que les corps sont diversement colorés, suivant qu'ils absorbent ou qu'ils réfléchissent tels ou tels rayons du spectre solaire. On voit en outre, en chimie, certains sels se décomposer et changer de couleur, sous l'influence de la lumière. C'est ainsi qu'une solution d'azotate d'argent, parfaitement limpide, lorsqu'elle est conservée dans l'obscurité, noircit peu à peu à la lumière diffuse. Cela tient simplement à un phénomène de dissociation. L'action des rayons lumineux décompose le sel d'argent en argent métallique, qui se dépose sous l'aspect d'une poudre fine de couleur noire, tandis que l'acide azotique reste dissous dans la liqueur. Il en est de même de l'iodure d'argent, qui dégage des vapeurs violettes d'iode métallique, lorsqu'il est soumis à l'insolation. Le bromure et le chlorure d'argent jouissent de propriétés analogues.

Tous les rayons du spectre n'agissent pas avec la même intensité sur les sels d'argent; les rayons violets sont les moins chauds, tandis que les rayons rouges ont un pouvoir calorifique très-grand. Voilà pourquoi on a donné aux rayons rouges le nom de *rayons calorifiques*, tandis que les rayons violets, et en général les rayons les plus réfrangibles, ont reçu celui de *rayons chimiques*. Mais il y a des rayons encore moins réfrangibles que le rouge, et plus réfrangibles que le violet. Ces rayons, trop peu intenses pour impressionner notre œil, sont invisibles; ils ne se manifestent que par leurs propriétés chimiques et calorifiques. Il est des substances qui, presque invisibles à la lumière diffuse, ou même dans les rayons rouges, répandent une lueur phosphorescente dans les rayons violets du spectre. Telle est la solution du sulfate de quinine dans l'acide tartrique. Cette solution, placée dans les rayons violets d'un spectre obtenu avec la lumière électrique, devient *fluorescente*, et apparaît encore au-dessous du violet dans les rayons invisibles, dont l'activité chimique est suffisante pour impressionner cette substance.

Après ces notions préliminaires, M. Fernet donne une idée de la chambre noire, et il passe à la description de l'appareil photographique. Pour obtenir des images dans la chambre obscure, il faut que les rayons lumineux partis de l'objet soient transmis sur l'écran à travers une très-petite ouverture, sans quoi on n'a pas d'image distincte. D'autre part, il était de toute importance, pour le dessin héliographique, d'agrandir l'ouverture, afin de faire pénétrer une plus grande quantité de lumière. C'est à ce prix seulement qu'on peut obtenir une image assez vive pour impressionner suffisamment les plaques photographiques. On a heureusement résolu cette difficulté pratique en enchâssant dans cette ouverture une lentille convergente, qui, en concentrant les rayons lumineux, permet d'en laisser pénétrer un plus grand nombre. On est ainsi parvenu à réaliser deux conditions indispensables au succès de l'opération, la netteté et l'éclat des images. Les images ainsi obtenues se forment, comme on sait, au delà du foyer principal de la lentille, au foyer conjugé de l'objet, sur les axes secondaires, menés de chaque point lumineux par le centre de la lentille. Ces images sont renversées, symétriques, et d'autant plus vives que la lentille est plus grande et l'objet plus éclairé.

La chambre noire des photographes se compose d'une boîte quadrangulaire, qui porte sur une de ses faces une grosse lentille destinée à recevoir les rayons lumineux émanés de l'objet qu'on veut peindre. L'image est reçue sur une glace dépolie placée sur la face opposée de la boîte. Au moment où il veut opérer, le photographe place l'objet en avant de l'appareil, en face de la lentille, à une distance convenable pour obtenir une image distincte sur l'écran. L'opérateur peut amener la glace au foyer conjugé à l'aide d'une vis qui permet de reculer ou de rapprocher l'objectif. Dès que l'image apparaît distincte sur la glace, on la retire de la rainure où elle peut glisser, et on la remplace par la plaque ou par la feuille de papier impressionnable.

Pour avoir des images distinctes avec cet appareil, il faut se servir d'objectifs acromatiques. Les objectifs acromatiques ne sont autre chose que des lentilles dans lesquelles on a corrigé l'aberration de réfrangibilité, et l'aberration de sphéricité à l'aide d'une disposition spéciale. Pour cela, on juxtapose une ou plusieurs lentilles, formées de substances inégalement réfrangibles. On accouple d'habitude deux lentilles, une convergente, de

Digitized by Google

crown-glass; l'autre, divergente, de flint-glass. Avec des courbures convenablement calculées, on obtient ainsi une lentille convergente unique, dans laquelle le rouge et le violet forment toujours leur foyer au même point. Il y a encore avec ce système une légère irisation sur les bords, à cause de l'inégale réfrangibilité des autres rayons du spectre. On peut obvier à cet inconvénient à l'aide d'une troisième lentille, ou simplement à l'aide d'un petit diaphragme de taffetas dont on entoure la tranche de la lentille. On éteint de la sorte une partie des rayons lumineux; mais cette diminution de lumière est largement compensée par le fini des détails.

C'est à Nicéphore Niepce qu'on doit la première fixation des images par l'action chimique des rayons lumineux. Il employait à cet effet des plaques de verre enduites de bitume de Judée. Le bitume de Judée devient insoluble dans ses dissolvants les plus actifs, même dans l'éther, lorsqu'il vient à être exposé à la lumière. Il durcit alors, et prend une teinte grisâtre. Voici comment Niepce s'y prit pour utiliser cette propriété. Sur une feuille de verre ou de papier, il étendit une couche de bitume délayé dans l'alcool, puis il mit la plaque ainsi préparée à la place de l'écran. Les parties noires ou peu éclairées du dessin laissaient la préparation intacte, tandis que les parties blanches ou bien éclairées rendaient le bitume plus dur et transformaient sa couleur noire en gris blanchâtre.

Après quatre ou cinq minutes d'exposition à la lumière transmise par l'objectif, Niepce retirait la plaque en ayant soin de la soustraire à l'influence des rayons du soleil. Pour cela, il opérait dans une chambre obscure ou éclairée par un vitrage coloré en jaune. Les rayons jaunes n'ayant point d'action chimique, n'exercent aucune influence sur les plaques photographiques. Niepce lavait ensuite sa plaque avec de l'éther, qui dissolvait les parties du dessin non impressionnées par la lumière en respectant les parties grises désormais insolubles. Il obtint de la sorte des images durables.

Pour en accentuer les reliefs, il substitua le métal au papier et versa sur son épreuve un acide étendu. Les parties non recouvertes de bitume étaient attaquées par l'acide, qui augmentait ainsi les saillies du dessin. C'était déjà un progrès. Mais les images obtenues par ce procédé laissaient encore beaucoup à désirer. D'abord elles étaient symétriques, c'est-à-dire non superposables à l'objet représenté, comme une figure reflétée dans un miroir. Les tons étaient d'ailleurs très-pâles, à cause de la couleur terne du bitume et de la faiblesse des objectifs, qui ne donnaient pas une suffisante quantité de lumière.

En 1832, Niepce s'associa avec Daguerre, qui transforma la méthode et eut le bonheur de lui donner son nom. Niepce fut mis au second plan, comme Christophe Colomb, et l'on ne parla plus que du *daguerréotype*. Toutefois, après une communication d'Arago à l'Académie des sciences, une loi, votée par la chambre des députés et approuvée par la chambre des pairs, accorda aux deux inventeurs une récompense nationale, à condition qu'ils rendraient publique leur découverte (1829).

Daguerre avait remarqué qu'une plaque d'argent soumise à la vapeur d'iode acquiert une sensibilité exquise. Dès lors l'iodure d'argent fut substitué au bitume de Judée. Après la mort de Niepce, Daguerre perfectionna encore le procédé par l'introduction d'un nouvel agent. Il s'était aperçu que les vapeurs de mercure se condensent sur l'iodure d'argent impressionné par la lumière, tandis qu'elles n'ont point d'influence sur lui dans l'obscurité. Cette réaction s'explique facilement. L'iodure d'argent est décomposé par la lumière. L'iode se vaporise, tandis que l'argent métallique reste fixé sur la plaque. En exposant la plaque ainsi modifiée aux vapeurs de mercure, il se forme sur les parties impressionnées un amalgame d'argent, et l'image apparaît beaucoup plus distincte. Une dernière opération consiste à laver le dessin, *dans la chambre jaune*, avec une solution d'hyposulfite de soude, qui dissout l'iodure d'argent non décomposé, tandis qu'il est sans action sur l'argent métallique ou amalgamé. On a alors l'épreuve définitive.

Mais, malgré ces perfectionnements successifs, la plaque daguerrienne restait encore très-imparfaite. Le mercure, en se vaporisant peu à peu sous l'influence de la chaleur atmosphérique, ne tardait pas à laisser des vides qui formaient autant de taches sur le dessin. Il en résultait, à la longue, une grande altération et une disparition presque complète de l'image. C'est pour obvier à cet inconvénient que M. Fizeau imagina de dorer la plaque. Dès lors, le mercure put se vaporiser impunément : l'or, resté intact au-dessous de lui, maintint la pureté de l'image et augmenta même sa vivacité par la plus grande richesse des tons. En même temps, M. Charles Chevalier, en fabriquant des objectifs beaucoup plus grands, permit d'utiliser une plus grande somme de rayons lumineux. Le daguerréotype semblait être à son apogée. En réalité, il était encore dans l'enfance; car l'image, étant symétrique, ne reproduisait qu'imparfaitement l'original. La plaque métallique offrait d'ailleurs des miroitements désagréables qui forçaient l'observateur à se placer sous un certain angle pour voir distinctement le dessin. C'est alors qu'apparut la photographie sur papier, pratiquée pour la première fois par M. Fox Talbot (1839).

La photographie sur papier exclut le miroitement des images daguerriennes, et permet d'obtenir autant d'épreuves qu'on le veut à l'aide d'un *cliché* unique, sans nouvelle exposition dans la chambre obscure. L'opération comprend deux parties distinctes : 1° la préparation du cliché ou *épreuve négative;* 2° le tirage des *épreuves positives*. L'épreuve négative présente en noir les parties blanches ou éclairées des objets, et en blanc les parties opaques. L'épreuve positive réalise la condition inverse. On peut opérer sur verre ou sur papier. Talbot se servait de feuilles de papier trempées dans une solution impressionnable. Mais comme le papier, par sa texture

Digitized by Google

grenue, altérait la finesse du dessin, on le recouvrit plus tard d'un enduit ciré. Niepce de Saint-Victor, neveu de Nicéphore Niepce, substitua au papier ciré le papier albumineux. Enfin Legray a remplacé le papier albumineux par le papier au collodion. C'est ce dernier procédé que nous allons décrire.

*Procédé sur collodion.* — Pour préparer l'épreuve négative, on se sert habituellement d'une plaque de verre sur laquelle on verse une couche de collodion contenant des iodures et des bromures en dissolution. L'éther, qui forme la base du collodion, se volatilise, et il reste sur le verre une couche extrêmement mince de coton-poudre, saturée par les iodures et les bromures non volatils. La plaque, ainsi préparée dans la *chambre jaune*, est plongée ensuite dans une solution de nitrate d'argent qui transforme les iodures et les bromures en iodure et bromure d'argent. Dès lors, on a une plaque sensible que l'on peut transporter dans la *chambre noire*. Lorsque cette plaque a reçu l'impression de l'objet lumineux, on la rapporte dans la *chambre jaune*, et l'on *développe* l'image en plongeant la lame dans une solution de sulfate de protoxyde de fer ou d'acide pyrogallique. Ces deux substances complètent la réduction du sel d'argent dans le cas où l'action de la lumière n'aurait pas été assez intense pour l'effectuer entièrement. Enfin, on enlève le bromure et l'iodure d'argent non altérés au moyen de la solution d'hyposulfite de soude. On lave à l'eau pure, et on laisse sécher. Telle est l'épreuve négative, que l'on peut conserver deux ou trois ans en la recouvrant d'une solution iodo-bromurée d'albumine. Cette solution préserve le collodion de l'action décomposante de la lumière. Au moment de s'en servir, on sensibilise de nouveau la plaque en la plongeant dans une solution de nitrate d'argent. Puis on développe le dessin avec le sulfate de protoxyde de fer ou l'acide pyrogallique, comme précédemment.

Pour obtenir l'épreuve positive, il suffit de placer derrière la lame négative une feuille de papier sensibilisée par le même procédé. La lumière, en traversant les blancs de l'épreuve négative, noircit le papier dans les parties correspondantes. Les noirs, au contraire, en arrêtant les rayons lumineux, maintiennent la blancheur du papier dans les points qui leur sont opposés. L'épreuve positive est d'autant plus nette que les noirs et les blancs étaient mieux marqués sur l'épreuve négative. On traite, comme précédemment, par l'acide pyrogallique et l'hyposulfite de soude. On lave à l'eau pure, et on laisse sécher. A l'aide de ce procédé, on ne peut obtenir que le décalque de l'épreuve négative. Dans ces derniers temps, on l'a modifié de façon à obtenir des épreuves positives aussi grandes qu'on le veut. Pour cela, le cliché est placé dans une boîte à l'abri de la lumière directe. Il reçoit les rayons lumineux au moyen d'une grosse lentille. En arrière du cliché se trouve placé un objectif qui vient former une image du cliché sur un écran préparé. En faisant varier la distance de l'écran, on obtient des épreuves de plus en plus grandes. Le mouvement diurne, en faisant varier l'inclinaison des rayons lumineux, peut nuire, il est vrai, à la netteté de l'image. On a fait disparaître cet inconvénient à l'aide de l'héliostat mobile de M. Fizeau. Cet héliostat reçoit les rayons lumineux et les transmet par réflexion sur l'objectif. Il est rendu mobile par un mouvement d'horlogerie que l'on règle chaque jour d'après le mouvement apparent du soleil.

Les progrès de la photographie ne se sont point arrêtés là. Déjà Nicéphore Niepce avait songé à appliquer son procédé à la gravure et à la lithographie. C'est dans ce but qu'il s'était servi des acides pour augmenter les reliefs de ses images. Il avait obtenu de la sorte de véritables clichés, à l'aide desquels on pouvait tirer quelque épreuves avec une presse à main. Mais l'imperfection du procédé l'avait fait tomber dans l'oubli.

M. Poitevin a repris l'idée de Niepce, et il a essayé de la réaliser au moyen du bichromate de potasse délayé avec de la poussière de charbon. Tout le monde sait que le bichromate de potasse devient insoluble dans l'eau quand il a été préalablement soumis à l'action de la lumière. M. Poitevin s'est servi de cette propriété pour préparer son cliché. Il a fait une pâte avec du noir de fumée délayé dans une solution gélatineuse de bichromate de potasse. Cette pâte, étendue sur une lame de métal, lui a servi à former une plaque sensible qu'il a transportée dans l'appareil photographique. L'objet lumineux impressionne le bichromate de potasse et le rend insoluble dans les points éclairés. Alors, M. Poitevin retire la plaque et la lave à grande eau dans la *chambre jaune*. L'eau entraîne la gélatine et le noir de fumée, et avec eux le bichromate de potasse non impressionné. Il reste ainsi une épreuve négative, dont les reliefs sont assez prononcés pour recevoir l'encre d'imprimerie.

Par un procédé analogue, M. Talbot a tracé des sillons assez profonds pour qu'on ait pu y couler du plâtre. Il a ainsi obtenu un cliché, qu'il a recouvert de cuivre à l'aide de la galvanoplastie. Ce nouveau perfectionnement a permis de reproduire en très-peu de temps des paysages et des portraits *gravés* par le soleil sans l'intervention longue et coûteuse du dessin et de la gravure ordinaires. On est allé encore plus loin. En remplaçant la poussière de charbon par une matière vitrifiable, on a obtenu des épreuves positives que l'on a soumises à la coction, comme le verre ou la porcelaine. M. Fernet montre à l'auditoire des émaux et des camées obtenus de cette façon. Il y en a de différentes couleurs, suivant la nature de la poudre employée.

M. Niepce de Saint-Victor, sans se laisser décourager par les dénégations des sceptiques, cherche depuis longtemps à reproduire les différentes couleurs des objets à l'aide de l'héliographie. Déjà John Herschel avait remarqué que le chlorure d'argent, exposé à la lumière transmise par des verres diversement colorés, a la propriété de fixer momentanément les différentes couleurs

Digitized by Google

du spectre. En utilisant cette propriété, M. Niepce de Saint-Victor est parvenu à fixer l'image complète des objets sur des plaques d'argent chlorurées. Il est vrai que ces images ne peuvent résister à une lumière un peu vive. On ne peut les conserver que dans une obscurité relative. Elles présentent d'ailleurs un fond rougeâtre qui nuit à leur netteté. Mais les courageux efforts de M. Niepce seront peut-être un jour ou l'autre couronnés de succès.

Comme on le voit, la photographie, malgré ses rapides progrès, n'a pas dit encore son dernier mot. Elle n'en a pas moins rendu à l'heure qu'il est des services signalés. L'histoire naturelle l'a utilisée pour reproduire les images fugitives des objets vus au microscope. C'est ainsi qu'on a pu multiplier ces belles planches micrographiques à l'aide desquelles le monde des infusoires et la composition élémentaire des organismes supérieurs deviennent accessibles à tous. L'astronomie lui doit le portrait des planètes, dont on peut désormais examiner l'image à la loupe jusque dans ses moindres détails.

F. Taule.

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

### COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### IV et V.

**Le curare; de son absorption, et de l'absorption en général.**

Nous entamons aujourd'hui l'étude des poisons qui agissent sur un des systèmes les plus importants de l'organisme, le système nerveux, et, parmi ces poisons, nous étudierons d'abord le curare qui atteint une partie déterminée de ce système, car c'est une substance très-importante, encore fort imparfaitement connue aujourd'hui malgré les nombreux travaux auxquels elle a donné lieu, et destinée de plus, suivant M. Claude Bernard, à entrer prochainement dans la thérapeutique.

Le curare est une substance employée par les sauvages d'Amérique pour empoisonner les flèches qui leur servent à la chasse ou à la guerre. C'est là un usage qui se perd dans la nuit des temps, car les premières armes de l'humanité ont été des armes empoisonnées.

La plus grande incertitude règne encore aujourd'hui sur la nature véritable de cette substance; les récits des voyageurs à son égard sont très-nombreux, mais fort peu concordants. On n'est pas encore parvenu à la préparer soi-même de manière à se rendre un compte exact des divers corps qui entrent dans sa composition, s'il y en a plusieurs, et de l'importance spéciale de chacun d'eux. On a été chercher tour à tour l'origine du curare dans le règne animal et dans le règne végétal. Chez certaines tribus, à en croire les récits des voyageurs, on le préparerait avec grande pompe, en y mettant, dit-on, diverses espèces de lianes et du venin de crapaud; mais dans d'autres tribus, toujours d'après les mêmes récits, cette opération se ferait sans aucune espèce d'apparat, et il n'entrerait que des plantes dans la composition du poison. Il y a peut-être beaucoup de charlatanisme dans toutes ces cérémonies plus ou moins magiques ou religieuses, accompagnant la préparation du curare, et il faut d'ailleurs se méfier beaucoup de tout ce que nous rapportent les Indiens, car ils sont en général très-astucieux. On donne souvent sous le nom de curare des pseudo-curares, c'est-à-dire d'autres poisons de flèches qui produisent bien sans doute le même résultat final, à savoir la destruction de la vie, mais qui agissent d'une manière très-différente sur les éléments histologiques pour arriver à ce résultat.

M. Claude Bernard a essayé, comme beaucoup d'autres, de se procurer les plantes servant à la préparation du curare. Malheureusement tous les efforts tentés pour arriver à ce but ont été inutiles jusqu'à ce jour. On a bien décrit des plantes et des recettes d'une manière plus ou moins complète, mais ces renseignements n'ont jamais suffi à faire connaître avec certitude la composition du curare; d'ailleurs, ce qu'il faudrait, ce serait de recueillir et d'essayer les plantes elles-mêmes sur place et de les rapporter en Europe pour pouvoir en fabriquer soi-même du curare; on serait ainsi bien sûr de la composition de cette substance. Il ne faut cependant pas désespérer de résoudre un jour ce problème; divers voyageurs ont promis à M. Claude Bernard de lui envoyer des renseignements plus précis à ce sujet, et surtout de lui rapporter les pièces du procès, c'est-à-dire les plantes servant à fabriquer le curare. Si ces renseignements lui parviennent, M. Claude Bernard les exposera aussitôt dans ce cours.

Le curare n'existe pas dans le commerce européen; on a déjà essayé plus d'une fois de l'y introduire, mais cela n'est pas facile parce que les relations avec les sauvages rencontrent une foule d'entraves et de dangers, et qu'on ne peut d'ailleurs trafiquer avec eux qu'au moyen d'échanges. On ne se procure donc du curare qu'avec assez de difficultés. Ce poison a un aspect noirâtre rappelant à peu près celui du jus de réglisse desséché; sa saveur est extrêmement amère; nous le recevons d'ordinaire à l'état solide, mais il peut très-facilement se dissoudre dans l'eau et s'administrer ainsi à l'état liquide, ce qui est souvent plus commode pour les expériences. Il nous arrive souvent dans des vases de terre ou bien dans des calebasses. Il est recouvert d'une couche de poivre, sans doute pour le préserver des influences extérieures avec une feuille de végétal qui ferme le tout. C'est surtout du Brésil que le curare nous est envoyé sous cette forme; mais on nous le rapporte aussi sur des flèches dont il servait à rendre mortelles toutes les atteintes. Voici une grande flèche préparée pour la guerre ou la chasse aux grands animaux; il y a aussi

(1) Voy. les nos 5 et 7.

Digitized by Google

d'autres flèches plus petites, employées dans des circonstances différentes. L'extrémité de ces flèches se termine par un dard imprégné de curare qui pénètre dans les chairs et y apporte rapidement la mort. L'animal ainsi frappé fait encore une centaine de pas, puis il s'affaisse sur lui-même par suite de la paralysie de ses membres et ne tarde pas à succomber sans manifester, d'ailleurs, aucun indice d'une souffrance bien vive.

Le curare est connu depuis longtemps; il fut rapporté pour la première fois de la Guyane vers 1595 par Walther Raleigh. Depuis cette époque, il a donné lieu de la part des voyageurs à un grand nombre de récits souvent contradictoires. Quant aux effets qu'il a produits sur l'organisme, on s'en est aussi fort souvent occupé. Fontana, vers la fin du dernier siècle, et Humboldt dans son voyage en Amérique de 1798 à 1802, ont étudié ses propriétés physiologiques. Vers 1812, Watterton observait quelques phénomènes assez curieux produits par le curare, et il constatait déjà que l'animal empoisonné à l'aide de cette substance pouvait être rappelé à la vie par l'emploi de la respiration artificielle, ce qui ferait croire qu'il avait pressenti son mode d'action par asphyxie sur l'économie vivante. M. Boussingault parvint à retirer du curare un extrait plus actif que cette substance elle-même; mais la curarine, — c'est le nom que lui donna M. Boussingault, — n'était pas un corps nettement défini comme la strychnine, par exemple, et dès lors sa découverte laissait encore le champ libre à l'étude du poison qui nous occupe en ce moment. Martins et d'autres s'occupèrent aussi du curare, mais sans donner beaucoup de résultats nouveaux.

Enfin, vers 1844, M. Goudot, qui avait longtemps résidé au Brésil, rapporta en France une assez grande quantité de curare et divers renseignements qu'il avait recueillis sur ce poison. Il communiqua le tout à M. Pelouze, qui remit ce poison à M. Claude Bernard, et c'est alors que ce dernier fit ses premières recherches sur ce corps si intéressant. Il y a donc vingt ans déjà que M. Claude Bernard montrait pour la première fois que le curare tuait les animaux en agissant spécialement sur le système nerveux moteur. Ces expériences ont ouvert une voie féconde et toute nouvelle en montrant qu'on devait chercher l'explication de l'influence mortelle de chaque poison dans l'action destructive qu'il exerçait sur l'un quelconque des éléments histologiques de l'organisme. Depuis cette époque, beaucoup d'autres expériences ont été faites dans le même sens, et un certain nombre sur le curare en particulier. M. Claude Bernard lui-même a publié des leçons relatives à ces matières professées dans cette chaire du Collége de France en 1854 et 1856. Tout récemment encore, il a fait sur le curare des expériences nouvelles et très-intéressantes, restées jusqu'ici inédites et qu'il exposera dans la suite de ce cours.

Le curare, en effet, malgré les nombreuses études dont il a déjà été l'objet, est encore bien loin d'être parfaitement connu. C'est un sujet qui doit rester longtemps encore à l'étude, ou plutôt qui doit y rester toujours, car, à vrai dire, une étude physiologique ne peut jamais être terminée. Prétendre qu'on a épuisé son sujet, c'est faire preuve d'une ignorance complète du véritable esprit scientifique et poser des limites dans lesquelles il nous est donné de nous mouvoir. On a dit souvent que pour connaître complétement un seul point de l'univers, il faudrait les connaître tous, parce que les diverses parties dépendent les unes des autres; eh bien, l'être organisé, ou si vous voulez le corps humain, est comme un petit univers au milieu d'un grand, c'est un *microcosme*, suivant l'expression tant usitée à une autre époque, et toutes les parties s'y tiennent trop intimement, y confondent trop bien leurs actions diverses dans l'action du tout, pour qu'il soit possible de connaître à fond une de ces parties sans connaître également toutes les autres. Chaque découverte dans un certain ordre de fonctions est immédiatement l'origine de progrès nouveaux dans l'étude des autres fonctions. L'œuvre n'est donc jamais achevée; il y a seulement à chaque époque de la science un point qu'on ne peut dépasser, mais ce point ne constitue pas une borne fatale, et l'on peut dire que tout est fini quand on est parvenu à l'atteindre, car à une époque postérieure de l'évolution scientifique, on pourra certainement aller plus loin.

En faisant l'histoire du curare, nous chercherons moins à énumérer toutes les particularités que peut présenter ce poison qu'à analyser les phénomènes de la vie, en dissociant les éléments organiques pour mieux pénétrer le genre d'action propre à chacun d'eux. Il n'y a en définitive, comme nous l'avons déjà dit, qu'un seul moyen de bien connaître le mécanisme de la vie, c'est d'étudier comment la mort arrive, car l'anatomie toute seule ne nous apprend pas grand'chose, et les vivisections, très-utiles cependant, seront toujours bien imparfaites pour nous révéler ce qui se passe dans l'être vivant. Nous porterons donc notre constante attention à expliquer toutes les circonstances qui se présenteront dans nos expériences, car chaque phénomène a sa raison d'être, et rien n'est plus propre à éclairer la physiologie que la recherche soigneuse de cette raison d'être, même dans les cas qui semblent les plus fortuits et les moins importants en apparence.

Le premier fait qui ait frappé ceux qui ont commencé à étudier le curare, c'est que ce poison peut être avalé sans inconvénient, tandis qu'introduit dans les tissus, dans une plaie par exemple, — ce qui le met en contact avec le sang, — il produit très-rapidement la mort. C'est même là ce qui explique comment on peut l'employer pour les armes de chasse, et manger ensuite sans danger les animaux que ces armes ont servi à tuer. Son innocuité, quand il est administré dans ces circonstances, est d'ailleurs bien connue des Indiens, car M. Boussingault dit qu'il est employé pour tuer les animaux domestiques qu'on veut manger. Les *maîtres de curare*, c'est-à-

Digitized by Google

dire les fabricants de ce poison, qui sont en même temps des médecins et des devins, le donnent comme médicament dans diverses maladies, et on lui a attribué, non sans quelque apparence de raison, une certaine influence bienfaisante dans les cas d'épilepsie.

Certaines personnes sont parties de là pour prétendre qu'il y avait en même temps dans le curare un principe médicamenteux et un principe toxique. Cette manière d'interpréter les phénomènes contient, suivant M. Claude Bernard, une erreur évidente, et elle a pourtant trouvé plus d'un défenseur. M. Bonjean l'a encore soutenue dans un travail sur l'ergotine, où il admet que cette substance contient deux principes distincts : un principe toxique expliquant les empoisonnements qu'elle produit quelquefois, et un principe médicamenteux expliquant l'action bienfaisante qu'on lui attribue dans d'autres cas. Tout cela est pure illusion. Les substances actives ne contiennent qu'une seule activité, mais cette action se manifeste différemment suivant la dose à laquelle on emploie la substance : il y a la dose thérapeutique d'un côté, la dose toxique de l'autre, et voilà tout. Si le curare introduit dans l'estomac ne produit aucun effet toxique, même quand on l'emploie à dose très-élevée, cela tient uniquement à des différences d'absorption ou d'altération, qui sont loin d'être les mêmes dans le canal intestinal et dans le tissu cellulaire sous-cutané.

Montrons d'abord les faits eux-mêmes. Voici deux lapins de même âge et de même force, tous les deux à l'état de digestion, en un mot aussi semblables l'un à l'autre que nous avons pu les trouver. Nous leur donnons à tous les deux du curare en dissolution, mais avec un mode d'administration différent; chez le premier, nous faisons arriver directement ce poison dans l'estomac à l'aide d'une canule introduite par la bouche, et pénétrant jusqu'à l'entrée de ce viscère pour éviter les absorptions qui pourraient se faire dans le trajet; chez l'autre, au contraire, nous nous bornons à introduire le curare avec une petite seringue dans le tissu cellulaire sous-cutané. Le second lapin va succomber au bout de huit à dix minutes, et l'autre, à qui nous avons pourtant donné une dose de curare beaucoup plus considérable, n'éprouvera aucun malaise sensible.

A quoi peut tenir cette différence? Ceux qui voient dans le curare un poison d'origine animale, venin de serpent, produit extrait des fourmis, ou autre chose analogue; ceux-là ne trouvent rien d'étonnant dans les faits que nous venons d'exposer, car il est depuis longtemps enseigné en physiologie que les poisons animaux peuvent être introduits impunément dans le canal intestinal, par exemple, en suçant une plaie empoisonnée ou une morsure venimeuse. Ces faits sont même invoqués par eux comme établissant clairement que le curare est bien un venin animal comme ils le prétendent. C'est encore la thèse qui est développée dans une lettre récemment reçue d'Amérique par M. Claude Bernard.

M. Claude Bernard ne saurait admettre comme démontrées les explications de ce genre, et voici pourquoi. L'idée que les poisons animaux ne sont pas mortels quand on les introduit dans le canal intestinal, cette idée est tout à fait inexacte comme idée absolue, ainsi que nous le verrons plus tard ; car le venin de crapaud, par exemple, est aussi bien un poison dans l'estomac que dans une plaie. Le point de départ n'étant pas exact, la conclusion ne saurait l'être davantage.

Le curare, au contraire, n'exerce pas d'action toxique quand on l'introduit dans le canal intestinal, — au moins dans les circonstances ordinaires de digestion; — car notre lapin, qui a subi cette opération, mange comme s'il n'avait ingéré aucun poison, et nous vous le montrerons encore dans la prochaine séance pour bien établir qu'il n'a subi aucune action ni immédiate ni consécutive. Voici, au contraire le lapin empoisonné par le tissu cellulaire sous-cutané qui meurt sous l'influence de cet empoisonnement, sans qu'il ait du reste aucune convulsion ni aucune souffrance apparente.

Cette résistance de la muqueuse intestinale à l'action toxique du curare est-elle une exception particulière à cette muqueuse, ou une propriété générale commune à toutes les muqueuses de l'organisme? M. Claude Bernard y voit une exception, mais une exception que présentent également quelques autres muqueuses, par exemple, la muqueuse de la conjonctive et celle de la vessie; car le curare mis sur l'œil ou mêlé aux urines dans la vessie n'exerce aucune action toxique sur l'organisme. Au contraire, quand on introduit ce poison dans l'appareil pulmonaire, il n'est pas absorbé tant qu'il reste dans la trachée; mais l'absorption commence aussitôt qu'il atteint les dernières bronches. Du reste, la résistance de la muqueuse intestinale n'est pas absolue : le curare peut très-bien être absorbé quand l'animal est à jeun depuis longtemps, et chez les oiseaux cette absorption a même ordinairement lieu, quand même le poison serait administré avec des aliments. L'innocuité du curare introduit dans le canal intestinal, qui paraissait d'abord un fait si merveilleux, se ramène donc en définitive à une chose très-simple : c'est une question d'altération ou d'absorption moins active dans l'intestin que dans le tissu cellulaire sous-cutané. Or un poison ne peut manifester son action mortelle ordinaire que lorsqu'il est, dans l'organisme, à une certaine dose; jusque-là, aucun effet toxique ne révèle sa présence. Ainsi, l'atmosphère de cette salle contient évidemment de l'acide carbonique, corps dont la respiration est délétère, et cependant nous n'en sommes pas incommodés le moins du monde, parce que ce gaz n'est pas accumulé ici en quantité assez considérable pour rendre l'air irrespirable. Il n'en est pas autrement du curare. Quand on l'introduit dans l'intestin, il peut en être absorbé sans doute par la muqueuse, mais en très-petite quantité; et, comme l'élimination qui marche d'une manière continue peut emporter le poison au fur et à mesure qu'il pénètre dans l'organisme, on ne peut obtenir aucun des

Digitized by Google

effets propres à ce poison. Il y aurait donc une cause d'erreur considérable dans les expériences qui prétendaient mesurer l'absorption par l'action des divers poisons. Ainsi, quand on introduit de la strychnine dans une partie du corps après avoir coupé les veines, on ne constate aucun effet toxique; en conclure que la strychnine n'a pas été absorbée par les vaisseaux lymphatiques, et que les veines seules sont propres à cette absorption, serait évidemment être trop absolu; la strychnine peut avoir été absorbée, et on peut la retrouver dans les urines; mais elle aura été absorbée lentement, et l'élimination ayant marché dans ce cas aussi rapidement que l'absorption, il ne s'est jamais trouvé dans l'organisme une quantité de strychnine suffisante pour produire des effets toxiques.

L'absorption est, du reste, extrêmement variable, suivant les circonstances organiques au milieu desquelles elle se produit. Ainsi, elle est très-faible lorsque les vaisseaux sont turgescents et les glandes en sécrétion: on se serait attendu à un résultat tout contraire, et pourtant le fait est certain; M. Claude Bernard l'a démontré autrefois sur la glande salivaire. A l'état de repos, cette glande absorbe rapidement la strychnine; mais cette absorption n'a plus lieu lorsqu'on électrise les filets nerveux sécréteurs aboutissant à cette glande, ce qui a cependant pour résultat d'augmenter la circulation en élargissant le diamètre des vaisseaux, et de mettre ainsi la glande en état de sécrétion.

La seule cause qui empêcherait le curare de manifester son action toxique lorsqu'on l'introduit dans l'estomac, c'est donc, suivant M. Claude Bernard, parmi d'autres causes, la lenteur de l'absorption à travers la muqueuse qui garnit cet organe. L'absorption étant très-lente, l'élimination la compense à peu près exactement, et l'animal a beau absorber du curare pendant très-longtemps, il n'en a jamais dans le sang qu'une très-petite quantité, de telle sorte qu'il n'éprouve aucun effet toxique; mais il pourrait peut-être en ressentir dans ces cas des effets thérapeutiques; et, en effet, j'ai cité d'après M. Boussingault l'exemple d'un général colombien, qui étant sujet à des attaques d'épilepsie, et, pour éviter que cet accident ne lui arrivât au milieu de ses fonctions, prenait du curare par la bouche à assez fortes doses le matin où il devait avoir ses occupations publiques. On a dans ces circonstances essayé d'appliquer cette substance au traitement de l'épilepsie, et les résultats ne furent pas mauvais, car si le curare ne guérissait pas la maladie, au moins éloignait-il beaucoup les accès.

Le curare paraît destiné à entrer dans la thérapeutique, et d'autant plus que son action sur le système nerveux est une action simplement engourdissante; il ne désorganise aucunement les tissus, et par conséquent ne laisse aucune trace funeste de son passage lorsqu'il a été éliminé. Mais pour faire entrer le curare dans la thérapeutique, il faut d'abord être fixé sur son mode d'administration. Il est bien préférable, à tous les points de vue, de l'introduire sous la peau, car l'absorption y est beaucoup plus régulière que partout ailleurs; dans le canal intestinal, au contraire, on ne peut jamais calculer avec rigueur les variations de cette fonction, ni par conséquent apprécier d'une manière exacte la dose du médicament. Seulement, pour administrer ainsi les médicaments dans le tissu cellulaire sous-cutané, il faut les avoir obtenus tout à fait purs et cristallisés; car s'ils contiennent la moindre impureté, ils peuvent alors occasionner des abcès, des inflammations ou d'autres accidents de tout genre; mais rien de semblable n'est à craindre lorsqu'on opère avec des médicaments bien purs.

L'expérience comparative que nous venons de faire sur deux lapins a montré que le curare est un poison énergique quand on l'introduit sous la peau, tandis qu'il n'a pas agi dans le canal intestinal. Du reste, cette substance, comme nous l'avons déjà dit, n'est pas toujours inoffensive dans ce dernier cas; il y a un certain nombre de circonstances que nous examinerons plus tard avec soin, et dans lesquelles l'absorption a lieu. Mais à l'inverse, quand on introduit le curare dans le tissu cellulaire sous-cutané, ce corps est-il toujours un poison, et exerce-t-il nécessairement sur l'organisme une influence mortelle? ou bien le résultat mortel que vient de nous fournir notre expérience ne constitue-t-il qu'une règle générale, mais soumise à des exceptions plus ou moins nombreuses? Ce point a été très-souvent mal compris, et il en est quelquefois résulté des erreurs graves dans la théorie générale des actions toxiques. Voilà pourquoi M. Claude Bernard attache une certaine importance à l'élucider complétement.

Il est évident tout d'abord que, pour arriver à des résultats comparables, il faut que toutes les circonstances des expériences restent les mêmes, sauf celle dont on veut étudier l'influence. Or, nous avons déjà indiqué que l'action toxique, comme toutes les autres actions physiologiques, ne peut être sensible que lorsqu'elle arrive à un certain degré; il y a une limite au-delà de laquelle cette action devient nulle, parce que la quantité de matière employée était insuffisante. Ainsi, dans le cas précédent, vous avez vu le curare introduit dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un lapin entraîner assez rapidement sa mort. Voici cependant un autre lapin auquel nous avons injecté hier sous la peau un centimètre cube d'une dissolution titrée de curare, correspondant à peu près à un milligramme de cette substance prise à l'état solide, et il n'a subi, comme vous voyez, aucune influence fâcheuse par suite de cette opération. Cependant, l'absorption du poison a certainement eu lieu, mais la quantité de matière toxique introduite ainsi dans le sang n'était pas suffisante pour produire la mort, ni même pour occasionner des troubles organiques bien sérieux. Nous allons soumettre ce lapin à une seconde expérience du même genre, mais en augmentant la quantité de matière toxique; nous lui injecterons cette fois 2 centimètres

Digitized by Google

cubes, et non plus un seul de la même dissolution titrée; cette dose sera sans doute suffisante, quoiqu'il en ait déjà reçu hier. Je ne sais pas à quel degré le curare présente les phénomènes d'accoutumance si marqués pour d'autres poisons, tels que l'opium, par exemple. Cependant l'animal n'en mourra pas, mais il subira une très-notable influence dont vous allez être témoins. Comme point de comparaison, voici un autre lapin à peu près de même force, à qui nous ne donnons qu'un seul centimètre cube de la liqueur toxique, et qui, lui, n'éprouvera aucun effet, pas plus que le premier n'en avait éprouvé hier, lorsqu'il fut soumis à la même opération.

Mais, en donnant une dose de poison plus que suffisante pour empoisonner l'animal, la mort arrivera-t-elle chez tous les animaux? Cette question est bien différente de la première, et elle mérite toute notre attention. Fontana la résout négativement, non-seulement pour le curare, mais aussi pour le venin de vipère. Il dit que ces substances n'agissent pas sur certains animaux, notamment sur les vipères elles-mêmes. M. Claude Bernard ne conteste pas ces faits, en tant que faits bruts, car Fontana était un très-bon observateur, et l'on peut, en général, sur ce point, s'en rapporter à sa parole. Mais les faits ne sont rien par eux-mêmes, bien qu'on dise souvent, en matière de science, comme un argument irréfutable pour prouver ce qu'on avance : « *C'est un fait.* » Sans doute, la science ne se constitue qu'à l'aide des faits, mais ces faits ne sont point la science; ce qui constitue la science, ce ne sont pas les faits eux-mêmes, mais les idées qu'on en tire en raisonnant sur eux. Prendre les faits pour des lois, et former la science de leur ensemble, est une tendance très-contraire à l'avancement de toutes les sciences, mais plus particulièrement funeste à celui de la médecine, parce qu'alors, pour expliquer les contradictions que semblent présenter les faits, et les concilier entre eux, on est conduit à soutenir que les différences tiennent aux variations de la force vitale. C'est là une explication qui n'explique rien; mais, comme toutes les sciences dans l'enfance, la médecine se paye souvent de mots, et l'on doit se tenir en garde contre cette propension naturelle de l'esprit humain, qui croit souvent avoir compris les faits, quand il a caché son ignorance sous un mot plus ou moins pompeux.

M. Claude Bernard raconte à ce propos, qu'autrefois à la *Société philomathique*, il disait qu'il n'était pas contradictoire qu'un même médicament ne produisît pas toujours les mêmes effets sur une maladie donnée, puisque les malades pouvaient très-bien n'être pas dans les mêmes conditions; car il fallait nécessairement admettre que si toutes les conditions eussent été identiques, les résultats l'eussent été aussi. Il fut interrompu par un médecin, professeur de la Faculté de médecine de Paris, qui n'existe plus aujourd'hui, mais homme fort instruit d'ailleurs, et possédant évidemment une éducation médicale très-complète. Ce professeur lui objecta que ces différences d'effets ne tenaient point aux différences de conditions de l'expérience, mais tout simplement aux variations de la force vitale d'un individu à l'autre. Un médecin de l'Hôtel-Dieu, à la même époque, laissa échapper des paroles bien plus extraordinaires encore. Au moment où il soumettait un malade à l'application de l'électricité, on l'avertit qu'un des fils de l'appareil venait de se casser. « La force vitale ne s'arrête pas à si peu de chose », répondit-il, et il passa outre. Il est évident qu'il n'y a plus de science possible, si l'on veut invoquer à tout propos la force vitale, et l'invoquer d'une manière aussi absurde que cela. Ces abus évidents font comprendre pourquoi il y aurait les plus grands inconvénients à admettre des variétés de résistance de la force vitale, qui feraient que des poisons qui tuent certains animaux n'auraient aucune action sur les autres.

On a de même dit que le venin du crapaud ne tue pas le crapaud, tandis qu'il tue la grenouille et d'autres animaux. Cela peut être le résultat de faits exacts et observés dans certaines conditions; mais j'ai prouvé depuis longtemps que la conclusion ne peut pas être admise, car nous serions obligés d'admettre entre les animaux des différences incompréhensibles qui rendraient la science impossible. Nous reviendrons, du reste, ultérieurement sur ces questions importantes.

Les faits observés par Fontana doivent être admis comme faits, mais non comme faits contradictoires, car jamais les faits ne sont contradictoires. Pour mieux expliquer ce point, nous allons passer en revue et répéter devant vous les expériences de Fontana. Ce savant opérait avec du ticuna, comme il le déclare lui-même; mais ce ticuna n'était autre chose que du curare sous un autre nom. Les symptômes décrits par Fontana comme caractérisant l'action de ce poison suffiraient déjà à le faire reconnaître; d'ailleurs, M. Emile de Ville, de Liége, a envoyé à M. Claude Bernard du ticuna qu'il avait reçu sous ce nom et rapporté lui-même des bords de l'Amazone. Or, vérification faite, ce ticuna s'est trouvé offrir la plus parfaite conformité d'action avec le curare. Il y a, du reste, presque toujours de grandes obscurités dans tout ce qui concerne les poisons américains, parce qu'on donne souvent au même poison des noms très-différents suivant les lieux, comme on présente sous un nom unique des poisons qui exercent souvent sur l'organisme les influences les plus diverses. Le ticuna est donc du curare, puisqu'il produit absolument les mêmes effets toxiques que cette substance. Voici, en effet, le train postérieur de deux grenouilles, l'une qui a été empoisonnée avec le ticuna, et l'autre qui l'a été par le curare. D'un côté comme de l'autre, nous constatons la même lésion organique, c'est-à-dire la destruction des propriétés physiologiques de l'élément nerveux moteur, qui n'est plus irritable sous l'influence de l'électricité, tandis que les autres éléments histologiques ont conservé intactes toutes leurs propriétés vitales.

Digitized by Google

Fontana piquait divers animaux avec du venin de vipère et avec des flèches empoisonnées au moyen du ticuna, c'est-à-dire du curare. La mort était généralement la conséquence de cette opération, mais Fontana ne la vit pas se produire quand il expérimentait sur des vipères. Il en conclut donc que le venin de la vipère n'empoisonnait pas la vipère, et que le ticuna était dans le même cas, ce qui le conduisit à supposer une certaine analogie entre le ticuna, c'est-à-dire le curare, et les venins animaux.

Tels sont les résultats des observations de Fontana, et M. Claude Bernard les admet parfaitement comme faits. Mais que pouvons-nous conclure de ces faits? Dirons-nous que la vipère a un privilége particulier, une organisation spéciale qui la préserve de l'action des agents toxiques? Pas le moins du monde. Si cela était vrai, il faudrait renoncer à la science. Mais on ne doit jamais rester sous le coup d'un fait, quand ce fait vous mène à des conclusions absurdes; il faut alors l'analyser de nouveau et chercher à l'expliquer autrement. Dire que la vipère ou le crapaud ne peuvent pas être empoisonnés par leur venin, c'est donc aller beaucoup trop loin, et en même temps c'est dépasser les résultats de l'expérience, car nous montrerons avec la dernière évidence que ces animaux peuvent être empoisonnés par leur propre venin, quand on les met dans des conditions convenables pour cela.

Revenons maintenant à notre expérience comparative sur les deux lapins, dont l'un a reçu dans le tissu cellulaire sous-cutané un centimètre cube de la dissolution titrée de curare, et l'autre 2 centimètres cubes de la même dissolution. Le premier ne paraît éprouver aucun malaise, ainsi que nous l'avions annoncé; le second, au contraire, est couché sur le flanc, et l'on voit qu'il ne respire plus qu'avec peine. On peut donc avoir foi dans la science, et cet exemple vous montre que les expériences physiologiques peuvent être faites dans les conditions d'une certitude complète, lorsqu'elles ont été suffisamment étudiées. Avec la dose assez faible de curare qu'a reçu notre second lapin, les effets propres à cette substance se produiront chez lui beaucoup plus lentement, et nous pourrons les analyser plus facilement. Le curare se trouve maintenant répandu dans toute la masse du sang, ce qui le met en contact avec tous les nerfs moteurs : il va les empoisonner tous, mais il ne les empoisonnera pas tous en même temps. Il y a, en effet, des nerfs moteurs plus sensibles les uns que les autres à l'action du curare, et l'on peut dire, d'une manière générale, que les nerfs des animaux à sang froid sont moins facilement et moins rapidement attaquables que les nerfs des animaux à sang chaud. Il ne serait donc pas impossible de construire ainsi une sorte d'échelle zoologique allant des animaux les plus sensibles aux actions toxiques jusqu'à ceux qui résistent le plus longtemps.

Dans le même animal, ces inégalités de sensibilité se reproduisent à l'occasion du curare entre les différents nerfs moteurs. Les premiers qui seront empoisonnés, ce sont les nerfs les plus volontaires, c'est-à-dire ceux des membres; puis viendront les nerfs thoraciques; enfin les nerfs moteurs du diaphragme conserveront les derniers leurs propriétés vitales, et nous ne verrons plus à la fin qu'un très-léger mouvement des flancs, indiquant un dernier reste de respiration uniquement dû à l'action des nerfs diaphragmatiques. Mais sous l'influence du curare, toutes les sécrétions sont considérablement exagérées, de sorte que l'animal élimine très-rapidement le poison par les urines; les parois de la vessie ne se prêtant pas à l'absorption, le poison, une fois arrivé là, est devenu inactif, et par conséquent l'animal sur lequel nous opérons ne mourra sans doute pas, car il aura probablement le temps d'éliminer assez de poison pour recouvrer l'usage de ses nerfs avant que la respiration se soit complétement éteinte chez lui; quand ce moment sera venu, l'animal se remettra à courir et à manger, et il n'y paraîtra bientôt plus.

Empoisonnons maintenant une grenouille par le ticuna, et préparons en même temps, comme point de comparaison, une grenouille normale, tuée simplement par vivisection. Celle-ci a conservé intactes les propriétés vitales de tous ses éléments histologiques; chez l'autre, au contraire, l'irritation électrique des nerfs ne produit plus aucune contraction dans les muscles. Nous avons dit plus d'une fois qu'il fallait toujours avoir soin, dans les expériences physiologiques, de bien préciser les conditions des phénomènes: dans le cas présent, par exemple, on doit toujours prendre le même courant, pour que les résultats soient comparables. Or, en électrisant avec un courant assez faible les muscles d'une grenouille normale, on n'obtient aucun résultat; tandis que si l'on agit sur les nerfs avec le même courant, il se produit immédiatement des contractions. Ces faits pourraient conduire à bien des théories erronées, et pourtant leur explication est bien simple : les muscles sont irritables comme les nerfs par l'électricité, mais ils le sont beaucoup moins, et par conséquent leur irritabilité peut très-bien ne pas se manifester sous l'influence des courants électriques qui suffisent pour les nerfs.

La première condition dans la discussion d'une question physiologique, c'est de se mettre bien d'accord sur les faits qu'on discute; le plus souvent, si l'on ne s'entend pas, cela tient à ce qu'on raisonne des deux côtés sur des faits différents. Il serait impossible autrement que les dissidences se perpétuent. Pour rentrer dans notre question, nous devons dire que pour que les résultats soient comparables, il faut employer des doses de poison ou d'excitation suffisantes pour tous les cas. Si l'on n'a pas empoisonné les crapauds ou les vipères avec leur propre venin, c'est que la dose de poison employée n'était pas suffisante, ou que les expériences n'étaient pas faites dans un temps favorable. Il y a d'ailleurs une grande lacune dans les travaux de Fontana, c'est qu'en

Digitized by Google

mentionnant ses expériences, il n'indique jamais l'époque de l'année à laquelle il les a faites. Or, c'est là un point très-important. Ainsi, M. Claude Bernard a toujours réussi à empoisonner les crapauds et les vipères lorsqu'il opérait en été. Pendant l'hiver, au contraire, les serpents, engourdis par le froid, peuvent recevoir, sans en ressentir aucun effet funeste, des quantités de poison souvent très-considérables, qui s'éliminent ensuite on ne sait pas trop comment. Ces grenouilles que nous venons d'empoisonner si facilement, ne l'auraient certainement pas été par un froid très-rigoureux comme celui qu'il faisait il y a quelques jours. Les crapauds sont dans le même cas. On sait que le venin du crapaud fait mourir les grenouilles par exemple en arrêtant les battements du cœur. Prétendre qu'il n'empoisonne pas de même le cœur d'un crapaud, ce serait admettre que ce cœur diffère tellement du cœur de la grenouille, que les agents toxiques qui arrêtent les battements de l'un n'ont aucune influence sur l'autre. Si de pareilles différences étaient admissibles entre deux animaux aussi voisins l'un de l'autre, aucun déterminisme scientifique ne serait plus possible, et il faudrait renoncer à la physiologie expérimentale. Il peut arriver sans doute qu'un agent toxique qui empoisonne dans certaines circonstances n'empoisonne pas dans d'autres; mais il faut alors déterminer scientifiquement ces circonstances, et les faire rentrer dans la loi générale. Telle est l'œuvre du physiologiste, et surtout celle du médecin.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

### XVI.

**La moelle envisagée comme organe de transmission.**

Cette fonction de la moelle ne saurait être mise en doute. Elle est connue depuis la haute antiquité. Hippocrate, Celse, Arétée savaient fort bien que les lésions graves de la moelle entraînent la perte du mouvement et de la sensibilité dans les parties situées au-dessous du point lésé. A partir de Galien, cette notion physiologique prend rang parmi les données fondamentales de la science.

Ce premier point une fois établi, il nous reste à examiner deux questions d'une haute importance :

1° Quelles sont les parties de la moelle qui servent d'organe de transmission pour les excitations centripètes ou sensitives, et pour les excitations centrifuges ou motrices.

2° Une fois que nous aurons tracé les routes que suivent les excitations, il nous faudra déterminer si la transmission des excitations motrices et des impressions sensitives est directe ou croisée.

I.

Pour ce qui concerne les voies de transmissions, la question n'a pu être posée qu'après que l'on eut attribué la sensibilité et le mouvement à des parties différentes du système nerveux. Elle n'a été résolue définitivement que dans ces dernières années, après d'assez nombreuses fluctuations. C'est à Walker (1809) qu'est due la première hypothèse sur les fonctions des faisceaux de la moelle épinière. Il s'arrête à la vue la plus simple, la plus conforme à son hypothèse sur les fonctions des racines, et dit que les faisceaux antérieurs transmettent la sensibilité, et les faisceaux postérieurs le mouvement. Ch. Bell (1811), après avoir fait une expérience sur un lapin récemment tué, applique aux faisceaux de la moelle l'idée qu'il s'était faite sur les fonctions des racines : il faut donc se reporter ici à ce que je vous ai déjà dit pour les racines dans ma sixième leçon. En 1823, Magendie fit des expériences sur les faisceaux rachidiens, mais sans obtenir des résultats aussi nets que ceux qu'il avait tirés de ses expériences sur les racines.

Après Magendie, de nombreux expérimentateurs se sont occupés de la question, mais sans arriver à des données positives, et je vais indiquer succinctement les principales solutions que cette question a reçues. Bellingeri (1823) admet que les faisceaux antérieurs président aux mouvements; mais, d'après lui, la sensibilité est transmise par la substance grise. Cette manière de voir avait sa source dans des expériences précises, et c'est elle qui va triompher : Bellingeri avait observé, en effet, que la sensibilité survit à la section des deux cordons postérieurs.

Fodéra (1823) répète ces expériences et arrive au même résultat; mais il constate de plus qu'après la section d'un seul faisceau, il y a hyperesthésie, c'est-à-dire augmentation de la sensibilité du côté sectionné, et diminution de la sensibilité du côté opposé. Il réussit à détruire la sensibilité par une section longitudinale de la moelle lombaire. Schœps, Rolando, M. Calmeil, regardent les faisceaux antérieurs et les faisceaux postérieurs comme chargés de transmettre à la fois la sensibilité et le mouvement. Cependant M. Calmeil dit que la substance grise suffit à cette transmission. Enfin, aux yeux de M. Stilling, la substance grise seule est indispensable à la transmission de la sensibilité.

J'arrive aux travaux très-importants de Van Deen (1841). Il fait ressortir l'importance de la substance grise, et montre qu'elle sert à la transmission des excitations sensitives, mais qu'elle est également nécessaire à la transmission des excitations motrices. Suivant lui, les racines postérieures se terminent dans la substance grise comme les racines antérieures. Il va même plus loin, et admet que les cordons postérieurs aussi

(1) Voy. les n°s 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et le n° 7 de la seconde.

La librairie Germer Baillière fera paraître, à la fin de l'année, le cours de M. Vulpian réuni en un volume.

Digitized by Google

bien que les cordons antérieurs communiquent avec la substance grise, les uns servant à transmettre la sensibilité, les autres l'influx volontaire, mais toujours par l'intermédiaire de la substance grise. D'après Van Deen, les excitations sensitives arriveraient de la périphérie dans la substance grise par les racines postérieures, et seraient ensuite reprises par les faisceaux postérieurs qui les porteraient à l'encéphale. Pour les excitations motrices, il y aurait un mécanisme inverse, mais du même genre. Ces excitations partiraient de l'encéphale, suivraient les cordons antérieurs, passeraient dans la substance grise, et enfin se rendraient par les racines antérieures à la périphérie. Ses expériences sont très-ingénieuses; il les a répétées un très-grand nombre de fois, et a démontré ainsi que la section d'une moitié de la moelle n'abolit pas la sensibilité du côté correspondant, et qu'en pareil cas la transmission se fait par la substance grise.

En 1841, M. Longet publia un mémoire couronné par l'Académie des sciences, qui semblait clore la discussion, car il s'appuyait sur des expériences présentant en apparence la plus inflexible rigueur. C'est pourtant encore aux travaux de M. Brown-Séquard que nous devons les notions les plus nettes sur cette question.

« *Les faisceaux blancs antérieurs et les faisceaux blancs postérieurs de la moelle ont des propriétés entièrement distinctes. La motricité est l'attribut exclusif des premiers, la sensibilité est l'attribut exclusif des seconds.* » La sensibilité et la motricité ont donc un siége « *distinct aussi bien dans la moelle que dans les racines spinales.* » Telle est, en résumé, la théorie de M. Longet. Voyons donc quelle est sa valeur.

A. *Incitations motrices.* — Ici, pas de difficulté sérieuse; tous s'accordent au moins sur les faits principaux. Les *faisceaux postérieurs* ne prennent aucune part aux phénomènes, aucune part directe, dirons-nous, pour ne pas négliger l'influence qu'exerce la sensibilité sur le mouvement. La *substance grise* joue probablement un rôle important, ainsi que le démontreraient les expériences de M. Calmeil, Van Deen et Stilling; car si l'on fait une section de la substance grise, les mouvements sont diminués; la substance grise doit donc servir à cette transmission. La véritable voie directe pour les incitations motrices, ce sont les faisceaux *antéro-latéraux;* en effet, si l'on coupe ces faisceaux sur un animal, les parties qui reçoivent leurs nerfs moteurs des portions de la moelle situées en arrière de cette section, perdent presque toute motilité.

B. *Excitations centripètes.* — Dans l'état actuel de la science, c'est une question pleine d'intérêt à cause des faits bien établis sur lesquels on peut s'appuyer. Or, l'opinion de M. Longet est d'une inexactitude complète. Il est sur ce point une expérience capitale, et d'une grande valeur démonstrative : c'est la section des cordons postérieurs de la moelle. S'ils sont les organes de transmission de la sensibilité, elle sera abolie par cette opération. Or, on constate au contraire, dans ce cas, une augmentation de la sensibilité. Cette expérience avait été faite déjà par Bellingeri, par Fodéra, par M. Calmeil. Mais elle n'avait pas été appréciée comme elle aurait dû l'être; et c'est dans ces derniers temps seulement que M. Brown-Séquard et d'autres physiologistes ont montré de quel poids elle est dans la question qui nous occupe. D'autres expériences conduisent d'ailleurs aux mêmes conclusions. Ainsi, M. Brown-Séquard coupe la moelle en ne laissant subsister que les faisceaux postérieurs. Dans l'hypothèse de M. Longet, après une pareille opération, la sensibilité devrait être conservée dans les membres postérieurs. J'ai fait moi-même cette expérience, et je puis affirmer que, contrairement à ce qu'avait annoncé M. Schiff, elle donne toujours le même résultat, à savoir l'abolition complète de la sensibilité dans les membres postérieurs. Mais l'expérience de Van Deen, répétée par M. Brown-Séquard, montre que si l'on coupe les faisceaux antéro-latéraux, en laissant intacts la substance grise et les faisceaux postérieurs, la sensibilité est conservée.

Il ne nous reste plus qu'à faire la contre-épreuve des trois expériences dont je viens de vous indiquer les résultats. Si en passant au-dessous des faisceaux postérieurs qu'on laisse intacts, on va couper totalement la substance grise, on abolit la sensibilité.

Cette expérience est cependant assez difficile à exécuter, car si quelques parcelles de substance grise échappent à la section, il y aura encore transmission des excitations subies par les membres postérieurs. Peut-être est-ce là ce qui a conduit quelques physiologistes, M. Brown-Séquard par exemple, à attribuer aux faisceaux de la moelle une certaine part dans la transmission sensitive. Quant à M. Ludwig Türk, qui considère les faisceaux latéraux comme les organes de cette transmission, il est évident que son opinion est contredite par les expériences les plus rigoureuses. Tout au plus pourrait-on dire qu'il y a peut-être une transmission très-faible, très-restreinte par ces cordons. La substance grise est donc le principal, presque le seul conducteur des excitations sensitives.

Mais à quoi donc servent les faisceaux postérieurs? Ils n'ont assurément pas le rôle dont a voulu les douer M. Schiff. Après les avoir vu dépouiller de la transmission des impressions de douleur, il leur a attribué la transmission des impressions de contact, et il cherche à le prouver par une expérience sur le sciatique d'un lapin, chez lequel il a sectionné la moelle épinière, en ne laissant subsister que les cordons postérieurs. Cette vue physiologique n'est pas admissible, et M. Brown-Séquard a montré le peu de valeur de l'expérience invoquée par M. Schiff. Les faisceaux postérieurs, il faut en prendre son parti, n'ont qu'un rôle très-secondaire à jouer dans la transmission des impressions, si tant est qu'ils y servent d'une façon quelconque. D'après les données de l'anatomie, ces faisceaux doivent être considérés surtout

Digitized by Google

comme des commissures longitudinales entre des régions de la substance grise plus ou moins éloignées les unes des autres. Cette notion trouve une confirmation bien remarquable dans les résultats de l'expérimentation. En effet, si l'on pratique sur ces faisceaux deux ou trois sections séparées par des intervalles de deux ou trois centimètres, et comprenant toute leur épaisseur, l'effet le plus prononcé de cette opération sera un trouble très-remarquable de la locomotion, trouble que l'on sera conduit à rattacher à l'incoordination des mouvements. Ainsi seraient confirmées les vues de Todd, qui considérait les faisceaux de la moelle comme des organes d'harmonisation des actions médullaires, ou de concaténation des divers segments de la moelle épinière. Ajoutons que les faits pathologiques parlent dans le même sens que l'anatomie et la physiologie. Dans cette maladie, connue d'abord sous le nom de *tabes dorsalis*, et qui plus récemment a été mieux étudiée sous le nom d'*ataxie locomotrice*, l'incoordination des mouvements paraît due, au moins en grande partie, à l'affection des cordons postérieurs de la moelle.

## II.

Passons à la seconde question que nous avons posée en commençant : *La transmission a-t-elle lieu dans un sens direct ou dans un sens croisé ?*

A. *Excitations centrifuges.* — Il y a bien longtemps que l'on est fixé sur cette question, puisque les notions admises remontent à Galien. Ce médecin avait montré que lorsque l'on coupe en travers une des moitiés de la moelle, il y a paralysie du côté correspondant à la section, et que, si l'on fait une section longitudinale, séparant la moelle en deux moitiés latérales, en ayant soin de suivre rigoureusement la ligne médiane, le mouvement est conservé dans les deux membres. La conclusion de ces expériences, c'est que la transmission a lieu dans *un sens direct*, et, depuis Galien, il y avait presque unanimité sur cette question. Il est bien entendu que nous ne parlons que de la moelle épinière. Nous verrons plus tard comment a lieu cette transmission dans les autres parties du système nerveux central.

En 1859, M. Van Kempen fit paraître un mémoire sur la transmission de la sensibilité et du mouvement dans la moelle épinière. D'après ses expériences, il confirme les vues de M. Brown-Séquard relativement à la transmission des impressions sensitives. En ce qui concerne le mouvement, M. Van Kempen arrive à des résultats déjà obtenus en partie par M. Brown-Séquard lui-même et par M. Schiff. M. Van Kempen admet en effet que la transmission des incitations motrices centrifuges est directe dans la région dorsale et dans la région lombaire, mais qu'à la région cervicale il y a transmission croisée en partie, et par conséquent entrecroisement des éléments conducteurs des excitations motrices, mais entrecroisement incomplet.

Sur quelles expériences s'appuie ce physiologiste? En faisant une hémisection de la moelle à la région lombaire au-dessus des racines des nerfs des membres postérieurs, il abolit le mouvement dans le membre correspondant à la section : s'il fait une section dans la région cervicale, il rend les deux membres postérieurs plus faibles, parce qu'il y a des fibres entrecroisées se rendant à chacun de ces membres, mais la paralysie est incomplète, parce que l'entrecroisement est lui-même incomplet. M. Van Kempen a fait d'abord ces expériences sur des grenouilles, puis il les a répétées sur des oiseaux et sur des mammifères, et il conclut à un trajet direct pour les régions lombaire et dorsale, mais à un trajet croisé pour la région cervicale. Nous avons répété ces expériences : elles sont exactes en elles-mêmes, mais elles ne prouvent pas que l'entrecroisement soit limité à la région cervicale. D'abord, on peut observer les mêmes phénomènes dans la région dorsale, et si le résultat est différent lorsque l'hémisection a été pratiquée juste au-dessus de l'origine des nerfs lombaires, cela s'explique par la disposition de l'entrecroisement de ces nerfs; dans ce dernier cas, en effet, les fibres destinées à former ces nerfs ne se sont pas encore entrecroisées.

En laissant de côté pour un moment les résultats obtenus par M. Van Kempen, on constate qu'il y a encore le désaccord le plus complet entre les anatomistes et les physiologistes relativement à l'entrecroisement des faisceaux antérieurs. En effet, les anatomistes, MM. Kölliker, de Lenhossek et autres, soutiennent que les faisceaux antérieurs s'entrecroisent en partie dans la commissure antérieure; et les physiologistes repoussent, d'une manière à peu près unanime, l'existence d'une transmission croisée des incitations motrices. Ici les anatomistes sont sur un terrain solide; il s'agit de quelque chose d'assez facile à constater, et rien n'est plus vrai que le fait qu'ils avancent. Les physiologistes ont-ils raison aussi? Nous devons examiner cette hypothèse, car il pourrait se faire que ces fibres entrecroisées servissent à autre chose qu'à la transmission des excitations motrices. Eh bien, non. Elles jouent un rôle dans la transmission; et il y a réellement transmission croisée en partie.

Nous avons institué des expériences qui ne peuvent laisser aucun doute sur la réalité de la transmission partiellement croisée des excitations motrices. Rappelez-vous l'expérience que j'ai faite devant vous dans la dernière leçon, et qui était destinée à prouver que les faisceaux antéro-latéraux possèdent par eux-mêmes une motricité évidente. Je mets la moelle à nu sur un chien ou sur un lapin, au niveau de la région dorso-lombaire, dans une longueur de plusieurs centimètres. Je sectionne toutes les racines nerveuses naissant de cette région de la moelle, et je la coupe en travers, en avant de la partie mise à nu, puis j'enlève les faisceaux postérieurs dans toute cette étendue. Supposons l'opération pratiquée sur un chien. On a ainsi enlevé les faisceaux postérieurs sur une longueur de 6 à 8 centimètres. On détache encore des faisceaux antérieurs la plus grande partie des

Digitized by Google

faisceaux latéraux. Il ne reste plus alors que les faisceaux antérieurs, une petite partie des faisceaux latéraux et des débris de la substance grise. Vous savez maintenant que si l'on pince les faisceaux antérieurs ainsi préparés très-près de leur bout libre, c'est-à-dire du lieu où a été faite préalablement la section de la moelle, on détermine des contractions dans les muscles des membres postérieurs. Mais nous ne nous en tenons pas là. Nous séparons l'un de l'autre les deux faisceaux antérieurs dans toute la longueur de la région mise en expérience. Cette séparation est très-facile à effectuer : il suffit pour cela de renverser les faisceaux de manière à avoir sous les yeux le sillon antérieur de la moelle. On peut alors suivre très-exactement ce sillon avec les ciseaux qui servent à l'opération. Pinçons maintenant un des faisceaux antérieurs auprès de son extrémité libre. Il est clair que s'il n'y avait pas de croisement nous devrions obtenir du mouvement seulement dans le membre du même côté. Or, il n'en est rien ; il y a dans le membre correspondant au faisceau antéro-latéral un mouvement considérable ; mais il y a aussi un mouvement, quoique très-faible, dans le membre du côté opposé. J'ai fait plusieurs fois cette expérience, et le résultat a toujours été tel que je vous l'indique. Il y a donc transmission croisée en partie pour les excitations motrices. L'anatomie et la physiologie sont d'accord. Il y a entrecroisement d'une partie des faisceaux antérieurs dans toute la longueur de la moelle : la portion de ces faisceaux, qui suit une marche directe, l'emporte probablement de beaucoup sur celle qui subit une décussation. L'entrecroisement que présentent les pyramides antérieures du bulbe rachidien n'est que le commencement, en quelque sorte, de ce qui a lieu dans le reste de la moelle. Concluons en disant que la transmission des excitations motrices se fait dans toute la longueur de la moelle épinière d'une façon surtout directe, mais partiellement croisée, et que ce croisement, ayant lieu dans toute la longueur de la moelle, a sans doute, en définitive, une importance assez grande.

B. *Incitations centripètes.* — Déjà Van Deen et Stilling avaient fait une expérience qui pouvait être interprétée comme démontrant l'entrecroisement des éléments conducteurs des impressions. Après une hémisection de la moelle, ils avaient constaté que la sensibilité était conservée. M. Brown-Séquard refait cette expérience, et il constate : 1° qu'il y a conservation de la sensibilité du côté correspondant à la section ; 2° qu'il y a diminution de la sensibilité du côté opposé, et même qu'il y a hyperesthésie du côté correspondant à la section. Des expériences du même genre furent faites par M. Ludwig Türck (1851), et il arriva au même résultat. Je crois devoir vous indiquer quel était le moyen de constatation dont il se servait : il employait l'eau acidulée avec l'acide sulfurique, de façon qu'il pouvait ainsi arriver à une grande délicatesse d'expérimentation. Je place sous vos yeux des animaux chez lesquels on a pratiqué une section de la moitié de la moelle. Ce lapin, qui a eu la moitié droite coupée, remue mieux le membre gauche que le membre droit ; mais vous voyez aussi que la sensibilité est plus intense du côté correspondant à la section de la moelle que du côté opposé. Voici d'autre part un cochon d'Inde. Nous avons fait une section du côté gauche, et vous pouvez constater que la sensibilité persiste encore du côté droit, mais qu'elle est beaucoup plus apparente du côté gauche. Il en est de même de ce rat, chez lequel l'hémisection est à droite, et de même aussi de ce pigeon.

M. Brown-Séquard tira de ses expériences des conclusions trop absolues. Il admet un entrecroisement à peu près complet et presque immédiat. Jusqu'à M. Brown-Séquard, on n'avait pas admis d'entrecroisement anatomique démontrable entre les éléments sensitifs de la moelle. Depuis les expériences de ce physiologiste, MM. Clarke, de Lenhossek, Deen, ont cru voir ces entrecroisements, qui d'ailleurs existent peut-être ; mais il faut se défier de l'anatomie faite pour appuyer des résultats expérimentaux qui n'ont pas encore toute la certitude désirable. Les résultats de M. Brown-Séquard furent attaqués par M. Chauveau et par M. de Bezold, qui firent des expériences sur des pigeons, des chevaux et d'autres animaux. M. Brown-Séquard me paraît avoir réfuté la plupart de leurs objections avec une grande force de logique. A quelle opinion nous arrêterons-nous donc? Je pense que s'il y a entrecroisement, il est très-incomplet. Les phénomènes d'hyperesthésie si intéressants qui suivent l'hémisection, M. Brown-Séquard les a observés même après la section d'un seul cordon postérieur, et, non-seulement ceux-ci sont plus sensibles dans le bout caudal, mais encore il y a hyperesthésie dans le train postérieur, ce qu'avaient déjà vu Schœps et Fodéra ; ou plutôt celui-ci avait vu le fait qui soulève l'objection capitale, c'est que la section d'un seul cordon postérieur produit de l'hyperesthésie du côté correspondant, et de l'anesthésie du côté opposé ; bien plus, une seule piqûre produit des effets analogues.

Dans l'étude des phénomènes que nous venons de signaler, il est un fait bien remarquable que je ne puis passer sous silence : c'est cette sorte de balancement physiologique entre les deux moitiés de la moelle, l'hyperesthésie produite par l'irritation d'un côté, s'accompagnant d'anesthésie de l'autre côté. Il semble que lorsqu'il y a excitation d'un côté, il y a dépression de l'autre. L'hyperesthésie déterminée par les lésions de la moelle attend d'ailleurs encore une explication plausible. Elle est accompagnée d'ordinaire d'une exaltation très-prononcée de l'excitabilité réflexe des parties de la moelle situées en arrière du point lésé, et ces deux phénomènes concomitants doivent sans doute se rattacher à une seule et même cause. Il n'y a pas pour moi d'entrecroisement complet, et c'est du reste une opinion qui déjà a été émise par d'autres physiologistes, parmi lesquels je citerai M. Oré. Peut-être même cet entrecroisement est-il au plus égal à celui des faisceaux antérieurs. En quelque

Digitized by Google

endroit que l'on fasse l'hémisection, on n'obtient pas d'ordinaire l'anesthésie du membre opposé. Nous avons constaté ce résultat par de nombreuses expériences faites sur des chiens. La section antéro-postérieure n'a pas non plus une grande valeur de démonstration ; car, quoi qu'on en ait dit, elle n'abolit pas toujours la sensibilité, et, lorsqu'elle l'abolit, elle me paraît, au moins chez les batraciens, abolir en même temps la motricité.

Comme nous l'avons dit, nous pensons, avec la plupart des physiologistes modernes, que les excitations centripètes se propagent dans la moelle au moyen de la substance grise. Elles peuvent passer par l'une ou par l'autre moitié presque indifféremment, peut-être par les deux à la fois. En tout cas, lorsque la route est fermée dans une des moitiés, la propagation se poursuit par l'autre. Elle peut ainsi traverser deux obstacles constitués par deux sections faites, l'une sur une moitié, l'autre sur la seconde moitié, pourvu que ces deux hémisections soient à une certaine distance l'une de l'autre. Ce résultat a été indiqué dans une expérience de Van Deen, expérience que j'ai faite aussi, il y a déjà longtemps, sans savoir qu'il l'eût déjà pratiquée. Voici en quoi elle consiste. On coupe la moitié droite de la moelle épinière d'une grenouille au-dessus de l'origine des nerfs du membre postérieur correspondant, puis l'on coupe la moitié gauche, un peu en arrière des nerfs brachiaux. Si l'on pince les doigts du membre antérieur gauche, on détermine des contractions dans tous les membres, même dans le membre postérieur droit. Pour rendre encore plus manifeste ce résultat, j'empoisonne l'animal avec la strychnine, et je me mets ensuite dans des conditions telles, que la transmission de l'excitation ne puisse se propager que par la moelle épinière.

Tels sont, pour le mécanisme de l'activité de la moelle, les faits dignes d'attention que je voulais vous faire connaître. Je parlerai plus tard de la transmission des impressions et des excitations motrices chez les invertébrés, et surtout chez les annelés. — E. Bremond.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

## BOTANIQUE (1).

### COURS DE M. CHATIN.

### III.

### Organographie végétale.

*Épiderme.* — L'épiderme est une membrane celluleuse qui se trouve répandue sur toutes les parties de la plante. Il est formé d'une ou quelquefois de plusieurs couches de cellules tabulaires le plus souvent sans granules et incolores, à travers lesquelles on voit la couleur verte des couches sous-épidermiques. Dans les plantes aquatiques, les cellules épidermiques se rapprochent davantage des cellules ordinaires par leur forme arrondie et la présence de granules verts : aussi de savants botanistes admettent-ils qu'il n'y a pas d'épiderme dans ces plantes. Quelques plantes parasites (le Gui, par exemple, *Viscum album*), certaines Rhinanthacées et les plantes amphibies (ex. : l'*Alisma plantago*), ont un épiderme contenant des granules verts. Dans la terre comme dans l'eau, l'épiderme perd ses principaux caractères. L'épiderme est formé par trois formes principales de cellules : les formes hexagonale, quadrangulaire, et contournée ou en zigzag. Les cellules hexagonales se trouvent surtout à la partie supérieure des feuilles, et les cellules contournées à leur partie inférieure.

*Pellicule épidermique.* — C'est une membrane continue et de formation postérieure à l'épiderme. Elle se colore différemment en présence de l'iode ; sa composition chimique est différente : elle contient plus d'hydrogène, et se rapproche un peu des résines. Cette pellicule, dont l'épaisseur est très-variable, adhère à l'épiderme par une couche excessivement mince de pectate de chaux ; on peut l'isoler de l'épiderme, soit par macération dans l'eau, soit par des réactifs. On la voit alors sous la forme d'une membrane continue. Par un séjour de la feuille dans l'acide sulfurique, on détruit l'épiderme, et la pellicule épidermique seule est conservée. Il suffit de laver à grande eau pour l'obtenir parfaitement incolore. On la considère souvent comme une sécrétion des cellules épidermiques.

*Stomates.* — On leur donne ce nom (venant de στόμα, bouche), parce qu'ils ressemblent à une bouche, à certaines ouvertures existant spécialement sur les parties des feuilles exposées à l'air. Elles sont formées par deux cellules réniformes représentant les deux lèvres d'une bouche. Chaque stomate correspond à une petite chambre, sorte de cavité pulmonaire tapissée de cellules à chlorophylle, où s'opère plus spécialement la décomposition de l'acide carbonique. Les stomates se forment par le dédoublement d'une cellule qui se divise, en laissant des ouvertures entre ses deux parties ; l'obscurité et l'humidité les font fermer, tandis que la lumière et la sécheresse les font ouvrir : dans ces deux états, ils agissent d'une manière toute différente sur l'acide carbonique. Toutes les plantes phanérogames aériennes, excepté quelques plantes parasites (*Cussuta*), ont des stomates ; les plantes qui vivent complétement dans l'eau en sont dépourvues ; dans les plantes qui vivent à la surface de l'eau, on n'en trouve qu'à la face supérieure des feuilles. Les stomates se trouvent toujours sur les jeunes tissus. Dans les Dicotylédones, on les remarque le plus souvent à la face inférieure des feuilles ; dans les Monocotylédones, à la fois à la face supérieure et à la face inférieure. C'est à la présence des stomates que les deux faces d'une feuille de Lilas ou de Buis, par exemple, doivent leurs différences d'aspect, les stomates donnant à la face inférieure une teinte blanchâtre. Le plus souvent ils sont espacés uniformément ; quelquefois ils sont groupés par places, comme cela se voit dans le Laurier-rose et dans les Saxifrages. Ordinairement dirigés sans ordre et dans tous les sens, d'autres fois ils sont tous orientés : dans les Loranthacées, par exemple, ils sont en travers.

*Lacunes.* — Ce sont de plus ou moins grandes cavités existant au milieu des tissus. Elles peuvent être accidentelles ou normales. Les lacunes accidentelles se produisent par le déchirement des tissus, par suite de l'accroissement du végétal. On en rencontre dans les Ombellifères, le Noyer, le Phytolacca. Les lacunes normales sont généralement propres aux plantes aquatiques (Nymphéacées). Elles sont souvent très-régulièrement disposées dans le tissu cellulaire, comme on le voit chez les Équisétacées. On rencontre parfois des poils dans

(1) Voy. le n° 51 de la première année et le n° 1er de la seconde.

Digitized by Google

l'intérieur des lacunes, où ils servent à multiplier le contact avec l'air ou avec l'eau qui tient celui-ci en dissolution. Dans quelques plantes terrestres parasites, on trouve aussi des lacunes. Ainsi, dans la Clandestine, qui n'a pas de stomates, on rencontre des lacunes garnies de poils, comme pour y suppléer.

*Lenticelles.* — Saillies plus ou moins considérables formées par le tissu herbacé sous-épidermique (Cerisier, etc.). Dans l'Érable, l'espèce de liége qu'on remarque n'est autre chose que la saillie de ce tissu au-dessus de l'épiderme. On les a considérées comme des glandes. De Candolle les regardait comme donnant naissance aux racines adventives. Mais la formation de ces racines est plus facile quand on enlève l'écorce, et par conséquent les lenticelles. Elles offrent simplement une issue aux racines qui se développent. C'est ainsi qu'en enlevant l'écorce, on obtient très-vite des boutures de la Vigne.

*Stipules.* — Petits appendices qui dépendent du système foliacé. Elles peuvent être pétiolaires, interpétiolaires et caulinaires. Elles sont pétiolaires dans les Rosiers, interpétiolaires ou placées entre les feuilles et la tige dans le *Melanthus*, caulinaires dans le Cafier et le Figuier. Les stipules n'existent que dans les Dicotylédones. Elles existent ou manquent d'une manière constante dans certaines feuilles; leur durée est très-variable : caduques dans plusieurs Rosacées, elles sont persistantes dans les Gesses et remplacent complétement les feuilles dans le Pois de serpent (*Lathyrus aphaca*).

*Nectaires.* — Glandes existant sur les fleurs et sécrétant souvent un liquide sucré. Leur origine et leur forme sont très-variables. Nous les étudierons à mesure que nous les rencontrerons dans les végétaux.

*Des glandes.* — On donne ce nom à des agrégations diverses d'utricules généralement très-petites, dont le caractère est de sécréter un liquide qui tantôt est rejeté au dehors, ou tantôt résorbé par les tissus. On en distingue de plusieurs sortes, suivant les aspects sous lesquels elles se présentent. Quelquefois elles se présentent sous forme de saillies globuleuses, ou bien encore de papilles; tantôt ce sont des réservoirs globuleux entourés de petites glandes, comme cela se voit dans les zestes d'oranges, où on les a désignées sous le nom de glandes vésiculaires; tantôt des poils piriformes comme ceux de la Fraxinelle. Enfin, les glandes sont quelquefois terminées par un poil: dans les Orties, par exemple.

*Verrues.* — Ce sont anatomiquement des espèces de glandes, mais qui ne sécrètent rien. Exemple : l'*Aloe verrucosa*.

*Poils.* — Les poils sont des productions de l'épiderme constituées par une ou plusieurs cellules accolées ensemble. Ils sont simples ou composés; ces derniers peuvent être bifurqués à leur sommet, comme dans les Crucifères, rameux.

*Écailles.* — Sortes de plaques scarieuses constituées par des agglomérations de poils. On les trouve dans les Fougères, l'Olivier, l'Hippophac, etc. Quelquefois elles existent ou manquent dans une famille tout entière.

*Aiguillons.* — Ce sont des poils multicellulés; comme eux ils sont des productions de l'épiderme, dont on peut facilement les détacher, et avec lequel ils tombent, caractère qui les distingue des épines : tels sont ceux du Rosier. Ordinairement les poils et les aiguillons sont disposés sans aucun ordre; il faut pourtant excepter les poils de la tige du *Veronica chamædrys*, et les aiguillons de diverses Salsepareilles.

*Épines.* — Les épines ressemblent en apparence aux aiguillons, mais elles en diffèrent essentiellement par les relations anatomiques qu'elles ont avec le bois, dont elles présentent la composition fibro-vasculaire. Elles sont toujours disposées symétriquement, et tiennent la place d'organes dégénérés. Elles remplacent des rameaux dans le *Prunus spinosa*, des feuilles dans l'*Astragalus*, ou même des nervures de feuilles dans le Groseillier épineux.

*Vrilles.* — Ce sont des appendices roulés en spirale, qui servent aux plantes grimpantes à se fixer aux corps voisins: on en trouve dans la Vigne, la Bryone, etc. Les vrilles sont enroulées en hélice, dont le sens est constamment dextrorsùm ou sinistrorsùm dans une même espèce; quelquefois le mode d'enroulement des vrilles change (Bryone, Passiflores). On a cherché à expliquer ces faits d'enroulement, mais les explications jusqu'ici ont été insuffisantes. Comme les épines, ce sont des organes dégénérés et modifiés. Elles remplacent un rameau floral dans les Passiflorées et dans la Vigne; des stipules dans les *Smilax*, qui pourtant n'auraient de stipules que par exception, parmi les Monocotylédones. Dans les Cucurbitacées, les vrilles sont unilatérales, ce qui ne permet guère de les considérer ni comme des stipules, ni comme des rameaux floraux, ni enfin comme des feuilles. On les a considérées ici comme provenant de la dégénérescence de feuilles placées anormalement, en se fondant sur ce que quelquefois les cinq sépales foliacés du Melon se changent en vrilles. M. Payer a vu deux vrilles l'une près de l'autre dans une Cucurbitacée, ce qui l'a porté à leur assigner une origine stipulaire.

*Crampons.* — Ce sont des griffes qui n'ont d'autre destination que de servir à la plante à se fixer aux corps voisins. Les crampons ne sont d'aucune utilité à la nutrition de la plante. On en trouve dans le Lierre, le *Bignonia radicans*, etc.

*Suçoirs.* — Organes propres aux plantes parasites, qui servent à la fois à les fixer et à leur transmettre les sucs nécessaires à leur nourriture; on les observe dans le Gui, les Orobanches, la Cuscute. La structure de ces organes est très-variable. Ceux du Gui vont s'implanter au cœur même du bois, où ils se ramifient, envoyant dans tous les sens des divisions terminées par un tissu utriculaire excessivement mince, mais qui peuvent cependant percer le bois le plus dur, grâce peut-être à un liquide corrosif qu'ils sécrètent. En même temps que les suçoirs, certaines plantes parasites ont elles-mêmes de véritables racines: telles sont surtout les Rhinanthacées, dont le parasitisme nous a été révélé il y a peu d'années par M. Decaisne. Ces plantes peuvent être regardées comme des demi-parasites.

ARMAND DESCAMPS, pharmacien.

---

*Devant paraître mardi prochain :*

LA SCIENCE ET LES SAVANTS EN 1864, par M. VICTOR MEUNIER, rédacteur scientifique de l'*Opinion nationale*. 1re année, 1 vol. in-18 de 366 pages. 3 fr. 50

DICTIONNAIRE ANNUEL DES PROGRÈS DES SCIENCES ET INSTITUTIONS MÉDICALES, comprenant par ordre alphabétique de matières l'analyse de tous les travaux faits en France et à l'étranger pendant l'année, relatifs aux sciences médicales, par M. GARNIER, précédé d'une introduction par M. le docteur AMÉDÉE LATOUR. 1re année, 1864. 1 vol. in-18 de 500 pages. 5 fr.

PALÉONTOLOGIE, STRATIGRAPHIE. — DE LA FAUNE QUATERNAIRE. Leçons professées au Muséum d'histoire naturelle pendant l'année 1864, par M. A. D'ARCHIAC (de l'Institut). 1 vol. in-8. 3 fr. 50

LES CONSULTATIONS DE MADAME DE SÉVIGNÉ. Étude médico-littéraire, par M. le docteur MÉNIÈRE. 1 vol. in-8 de 145 pages. 3 fr.

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 9. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 28 JANVIER 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences.**

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Chimie.** — Conférence de **M. Wurtz** : L'eau.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : VI et VII. L'absorption en général et l'absorption sous-cutanée.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie.** — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : Considérations générales sur les animaux invertébrés.

**Astronomie.** — La constitution physique du soleil, par **M. Faye.**

Paris, 27 janvier 1865.

L'élection tant disputée a enfin abouti lundi dernier. M. Foucault a été nommé par 31 voix contre 28 données à M. Favé; un bulletin blanc et une abstention complétaient le nombre des 61 membres présents. Ce résultat, qui s'accordait si bien avec les sympathies de l'assistance, a été accueilli par des marques universelles d'approbation que les réprimandes du président purent à peine contenir. Puis les très-nombreuses personnes qui ne s'intéressaient qu'au résultat du scrutin se retirèrent, laissant continuer les lectures dans la demi-solitude habituelle au palais Mazarin.

A propos du procès-verbal, M. Pouillet a lu une note contenant en quelque sorte une protestation anticipée contre l'élection qui allait avoir lieu. Les deux candidats, MM. Foucault et Favé lui paraissaient également dignes, —quoique à des titres divers et très-peu comparables, — d'entrer à l'Institut, et il faisait des vœux pour les voir devenir le plus tôt possible ses collègues; mais leur place, ni à l'un ni à l'autre, ne lui paraissait marquée dans la section de mécanique, et c'est autre part qu'il aurait voulu les voir s'asseoir.

M. Pelouze a présenté un nouveau travail de MM. Boivin et Boileau sur les combinaisons du sucre avec la chaux. Ces jeunes chimistes expliquent l'erreur dans laquelle ils étaient tombés, lors de leur premier mémoire présenté à l'Académie l'année dernière, et ils indiquent quelques résultats nouveaux très-intéressants.

L'insistance avec laquelle ils s'attachent à cette question ne doit pas nous étonner, car elle est d'une importance capitale pour une des plus grandes industries de notre pays, celle de la fabrication du sucre de betterave.

Citons encore l'analyse de trois objets trouvés dans une caverne à ossements, faite par M. Terreil, préparateur au Muséum, et présentée par M. Daubrée; un travail de M. Agassiz sur quelques points nouveaux de l'ichthyologie, présenté par M. Milne Edwards, et des recherches fort intéressantes de M. Henri Morel sur les rapports qu'il y a entre la quantité et la nature des aliments donnés aux moutons, et la quantité et la nature de leurs fumiers : sur 100 parties d'azote contenues dans les aliments, il en resterait 83 dans les fumiers.

Mais la communication la plus importante de la séance est sans contredit la suite du travail de M. Faye *sur la constitution physique du soleil*, qui contient une foule d'idées aussi neuves qu'intéressantes. Nous donnons plus loin une analyse fort étendue du mémoire de M. Faye, qui, par l'attrait naturel de la question et la manière dont elle est exposée, s'adresse aussi bien aux gens du monde qu'aux savants. E. A.



Digitized by Google

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### CHIMIE.

CONFÉRENCE DE M. WURTZ.

**De l'eau.**

L'an dernier, je vous ai entretenu du *feu* (1). Cette année, je vous parlerai de l'*eau*.

De même que le feu, l'eau fut longtemps considérée comme un élément. Sa véritable nature n'a été découverte que vers la fin du siècle dernier. Cavendish, le premier, prouva en effet, vers 1781, que l'eau se forme par la combustion de l'air inflammable, qui est l'hydrogène. Mais la découverte du savant anglais fut mal interprétée à une époque où la théorie du phlogistique avait encore tant de partisans. C'est à Lavoisier que revient l'honneur d'avoir établi la composition de l'eau par la synthèse et par l'analyse, et d'avoir dit, dans le langage de la chimie antiphlogistique, que l'eau est une combinaison d'hydrogène et d'oxygène. Il fit ses mémorables expériences en 1783, d'abord avec Laplace, puis avec Meusnier. Avec ce dernier, il réussit à former 160 grammes d'eau par la combinaison directe des deux éléments. Quelques années plus tard, Fourcroy, Vauquelin et Seguin en préparèrent 300 grammes. Cette eau est conservée au Muséum d'histoire naturelle.

Dans la même année 1783, Lavoisier parvint à séparer les éléments de l'eau par le fer incandescent, et à donner la démonstration analytique de sa composition.

Voici d'abord l'expérience de Cavendish. De l'hydrogène s'échappe par la pointe de ce tube effilé. Nous préparons ce gaz en décomposant l'acide sulfurique étendu d'eau par le zinc. Le voici qui brûle, et cette combustion donne lieu à la formation de l'eau. Les vapeurs d'eau sont conduites par cette allonge recourbée dans ce manchon de verre horizontal où elles se condensent en eau liquide.

Pour que la combustion de l'hydrogène s'opère, deux conditions sont nécessaires. Le gaz doit être porté à une certaine température et doit être entouré d'une atmosphère oxygénée.

Voici de l'hydrogène qui brûle. Si nous plongeons cette flamme dans un flacon d'azote, elle s'éteindra, et par conséquent il ne se formera pas d'eau. Si on la plonge dans l'oxygène pur, elle brûlera avec un éclat plus vif.

On peut enflammer l'hydrogène par d'autres procédés. Prenons du noir de platine, métal considérablement divisé, qui jouit de la propriété de condenser les gaz en les échauffant. Si nous mettons de l'hydrogène au contact d'une certaine quantité de noir de platine, le gaz est absorbé, le noir de platine devient incandescent, et met le feu à l'hydrogène.

Nous pouvons enflammer l'hydrogène à l'aide d'une étincelle électrique, et dans les conditions où nous allons la faire, cette expérience sera particulièrement instructive. Voici un mélange d'oxygène et d'hydrogène. Il renferme un volume du premier gaz, et deux volumes du second. Nous faisons passer à travers ce mélange une étincelle électrique. Immédiatement les gaz disparaissent, l'eau se forme et le mercure remonte dans la cloche. Le mercure remonte parce que les gaz ont disparu pour former des gouttelettes d'eau imperceptibles. Et si nous pouvions chauffer à 100 degrés le vase où l'expérience s'est faite et le mercure, de manière à réduire cette eau en vapeur, nous verrions que la vapeur occupe 2 volumes. Nous pouvons conclure de cette expérience que l'eau résulte de la combinaison de 2 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'oxygène, et que ces 3 volumes de mélange ont formé 2 volumes de vapeur d'eau. Au moment où l'hydrogène s'est combiné à l'oxygène, il s'est dégagé de la chaleur lumineuse, ainsi que vous avez pu le constater. Au moment où elle se forme, la vapeur d'eau est donc exposée à une très-haute température et éprouve une dilatation énorme. Un instant après, saisie par un refroidissement brusque, elle se condense en eau liquide. Il se produit donc d'abord une expansion subite, qui refoule l'air; puis un vide qui l'appelle brusquement, et de ce double choc résulte une détonation violente, lorsqu'on met le feu à une quantité un peu notable de *gaz tonnant*.

La chaleur produite par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène est très-intense. Je vous montre ici un bec de gaz alimenté par un double jet. L'un est de l'hydrogène qui arrive par la circonférence; l'autre de l'oxygène, qui pénètre dans l'axe du jet d'hydrogène. J'allume ce dernier, et j'entretiens la combustion par l'oxygène. Voyez cette flamme. Elle éclaire peu, mais elle est excessivement chaude. Un gros fil de platine, que j'expose à ce chalumeau à gaz hydrogène et oxygène, fond au bout de quelques instants. Un morceau de craie qui plonge dans la flamme devient incandescent, et brille d'un éclat que l'œil supporte à peine (lumière de Drummond).

En se combinant l'un à l'autre, l'hydrogène et l'oxygène dégagent de la chaleur et de la lumière; ils perdent une force. Il est évident conséquemment que pour défaire leur combinaison mutuelle, il faudra y ajouter une force. Or, l'électricité voltaïque est une force parfaitement appropriée à un semblable but. Vous savez qu'on produit cette électricité au moyen de la pile. On donne naissance à un courant électrique en réunissant les extrémités des deux fils, attachés chacun à l'un des deux pôles de la pile. Si l'on sépare les deux bouts de ces fils conducteurs, le courant cesse de passer, et l'électricité se manifeste comme tension aux deux pôles. Si l'on rapproche ceux-ci l'un de l'autre, de manière que l'intervalle qui les sépare soit de quelques millimètres, il jaillit entre eux des étincelles petites, si la pile est faible; fortes, si la pile est puissante. Le circuit peut être fermé, et le courant peut être rétabli par l'inter-

(1) Voy. le n° 19 de l'année dernière, p. 234.

Digitized by Google

médiaire d'un liquide. Eh bien, si l'eau est interposée entre les deux fils, le courant passe dans ce liquide, mais en y passant, il la décompose. Voici un appareil composé de deux cloches fixées au fond d'un vase plein d'eau. Sous chacune de ces cloches s'engage une lame de platine. Chacune d'elles communique, par le moyen d'un fil conducteur, avec un des pôles de la pile. Aussitôt que la pile est en activité et que le circuit est fermé, il se manifeste dans l'eau une vive effervescence, et il se dégage de nombreuses bulles de gaz. Dans l'une des éprouvettes se rend de l'hydrogène, et dans l'autre de l'oxygène. L'hydrogène va au pôle positif, et son volume est double de celui de l'oxygène qui va au pôle négatif.

Ainsi, soit que nous procédions par analyse, soit que nous opérions par synthèse, nous reconnaissons que l'eau est formée de 2 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'oxygène. Nous l'avons dit plus haut, ces 3 volumes, en se combinant, se réduisent à 2 volumes de vapeur d'eau. Ceux-ci renferment donc tout ce qu'il y a de matériel et de pondérable dans 2 volumes d'hydrogène et dans 1 volume d'oxygène. L'hydrogène est 16 fois plus léger que l'oxygène. Or, si 1 volume d'hydrogène pèse 1, 1 volume d'oxygène pèse 16, et 2 volumes d'hydrogène pèsent 2. 2 volumes de vapeur d'eau renferment donc en poids 2 d'hydrogène et 16 d'oxygène, ce qui donne 18 pour le poids de ces deux volumes.

Ce rapport de 16 : 2 exprime les poids relatifs de l'oxygène et de l'hydrogène dans l'eau. Il est déduit de la composition volumétrique et de la comparaison des densités des deux gaz. M. Dumas l'a fixé à l'aide de pesées directes dans une expérience demeurée célèbre. Au lieu de brûler l'hydrogène par le gaz oxygène libre, il l'a fait agir sur un composé riche en oxygène, l'oxyde de cuivre.

L'expérience a été exécutée dans l'appareil qui est sous vos yeux. Un grand flacon dégage de l'hydrogène. Ce gaz se purifie et se dessèche en passant par une série de tubes remplis de substances qui retiennent l'eau et les impuretés. Devenu pur et sec, il arrive dans un ballon renfermant de l'oxyde de cuivre dont le poids est connu. On chauffe l'oxyde de cuivre dans un courant de gaz hydrogène. L'oxyde de cuivre est alors décomposé. Il cède son oxygène à l'hydrogène, et devient lui-même cuivre métallique : il est réduit, comme on dit. L'eau ainsi formée par la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène de l'oxyde de cuivre se dégage en vapeurs qu'on condense dans un récipient, à la suite duquel on dispose des tubes remplis de substances avides d'eau. Le poids de ces appareils où l'eau se condense a été déterminé avec soin avant l'expérience. Lorsque celle-ci est terminée, il est clair que ce poids primitif a augmenté du poids de toute l'eau formée. Il suffit donc de peser les appareils dont il s'agit une seconde fois pour connaître la quantité d'eau formée. Mais l'oxygène que renferme celle-ci provient de l'oxyde de cuivre qui l'a perdu; et la perte de poids que celui-ci a éprouvé en devenant cuivre métallique représente précisément le poids de l'oxygène qui est contenu dans l'eau. En soustrayant ce poids de celui de l'eau formée, on trouve pour différence le poids de l'hydrogène.

On constate ainsi que 18 parties d'eau renferment en poids 2 d'hydrogène et 16 d'oxygène.

Or, il existe en chimie une loi d'après laquelle volumes égaux de gaz simples renferment le même nombre d'atomes indivisibles par les forces chimiques. Il y a ainsi dans 1 volume d'hydrogène le même nombre d'atomes que dans 1 volume d'oxygène, et dans 2 volumes d'hydrogène 2 fois plus d'atomes que dans un volume d'oxygène. Or, comme tous les atomes d'hydrogène contenus dans 2 volumes de ce gaz se combinent à tous les atomes d'oxygène contenus dans 2 volumes de ce gaz, il faut bien que 1 atome d'oxygène prenne 2 atomes d'hydrogène pour fournir de l'eau. Nous dirons donc, conformément à l'hypothèse atomistique, que l'eau est formée de 2 atomes d'hydrogène et de 1 atome d'oxygène.

On voit que les atomes représentent les volumes, et si nous représentons par H le poids de 1 volume ou 1 atome d'hydrogène qui est 1, et par O celui de 1 volume ou 1 atome d'oxygène qui est 16, la composition de l'eau devra être représentée par $H^2O$.

L'eau se présente à nous sous trois états :

Elle est connue à l'état solide sous le nom de *glace*. Le point de congélation de l'eau, c'est-à-dire la température où elle se solidifie est fixe et correspond au 0° de l'échelle thermométrique. Le point d'ébullition, c'est-à-dire la température où l'eau bout, sous la pression ordinaire, est pareillement constante et correspond à 100 degrés de l'échelle centigrade. L'eau bout parce que la vapeur qui se forme à cette température au sein de la masse liquide a la tension nécessaire pour vaincre la résistance de cette masse et la pression de l'atmosphère qui pèse sur la surface.

L'objet de cette leçon est l'histoire chimique de l'eau, l'étude de ses décompositions et de ses combinaisons.

Considérons en premier lieu ses décompositions. L'eau soumise à une très-haute température se décompose. Ses deux éléments se dissocient, ainsi que M. Henri Sainte-Claire Deville l'a montré. Il évalue à 1100 ou 1700 degrés la température où commence cette décomposition.

L'eau se décompose aussi sous l'influence de la pile. Cette décomposition peut être rendue visible dans tous ses détails. Si l'on place devant la lentille d'un microscope photo-électrique une petite cellule de verre dans laquelle la décomposition s'opère, l'image renversée et très-amplifiée du phénomène est projetée sur un écran disposé à cet effet, et l'on aperçoit très-distinctement le mouvement des bulles gazeuses.

Mais nous pouvons opérer cette décomposition par

Digitized by Google

des agents chimiques doués d'une grande énergie.

Voici le métal de la potasse, le potassium, qui possède pour l'oxygène une affinité puissante. Je le dépose dans une cavité creusée dans un morceau de glace, et vous voyez un brillant phénomène d'incandescence. Le métal décompose l'eau, s'unit à l'oxygène et met une portion de son hydrogène en liberté. La chaleur produite par cette réaction est si vive que le métal devient incandescent et enflamme l'hydrogène.

Dans cette éprouvette remplie de mercure, dans laquelle j'ai fait passer de l'eau que vous voyez ici au sommet de la colonne mercurielle, j'introduis un morceau de sodium enveloppé dans du papier. Au moment où le métal arrive dans l'eau, il la décompose. Il se manifeste un vif dégagement de gaz, qui remplit l'éprouvette et qui brûle, vous le voyez, avec une flamme pâle : c'est de l'hydrogène. L'eau renferme de la soude caustique.

Le fer ne décompose l'eau qu'à une température élevée. Nous avons ici un tube de porcelaine chauffé au rouge, à l'intérieur duquel se trouve un faisceau de fil de fer. Nous faisons arriver sur ce fer incandescent de la vapeur d'eau. Elle est décomposée aussitôt, l'oxygène s'unit au fer et l'hydrogène est recueilli dans une éprouvette. Cette expérience est la répétition de celle qui conduisit Lavoisier à la composition de l'eau.

Examinons maintenant les cas de décomposition de l'eau par des corps composés. Je commence par celui du phosphure de calcium. C'est un corps brun que l'on prépare avec du phosphore et de la chaux. J'en projette un fragment dans un verre d'eau. Immédiatement il se forme de la chaux, et le phosphore s'unissant à l'hydrogène de l'eau détermine le dégagement d'un gaz qu'on appelle hydrogène phosphoré. Ce gaz jouit de la curieuse propriété de s'enflammer spontanément à l'air, c'est-à-dire de brûler aussitôt qu'il est hors de la masse liquide.

Le chlorure d'acétyle, — composé organique dont nous verrons plus tard la composition, — décompose l'eau en produisant des vapeurs d'acide chlorhydrique et de l'acide acétique, qui est l'acide du vinaigre. Le gaz chlorhydrique contient l'hydrogène de l'eau, et l'acide acétique en renferme l'oxygène.

Voici un liquide qui décompose l'eau avec une énergie extrême. C'est une combinaison du zinc, métal que tout le monde connaît, avec un composé de carbone et d'hydrogène qu'on nomme éthyle. Dans le zinc-éthyle, le zinc est liquide et possède une affinité considérable pour l'oxygène. Je projette ici du zinc-éthyle dans l'atmosphère, vous voyez le liquide aussitôt qu'il est sorti du tube où il était renfermé s'enflammer spontanément et brûler avec une flamme ardente.

Maintenant, si dans un matras contenant une certaine quantité de ce zinc-éthyle, nous introduisons de l'eau, une effervescence très-vive a lieu, l'oxygène de l'eau s'unit au zinc pour former de l'oxyde ou plutôt de l'hydrate de zinc qui blanchit la liqueur, et l'hydrogène s'unit à l'éthyle pour former de l'hydrure d'éthyle. C'est précisément de l'hydrure d'éthyle qui vient de s'enflammer et qui brûle avec la grande et magnifique flamme que vous apercevez.

Je passe à d'autres réactions moins brillantes, mais dont nous pourrons tirer un utile enseignement. Je vais combiner l'eau avec un certain nombre de corps. Voici une substance excessivement avide d'eau. C'est l'anhydride sulfurique, masse blanche, neigeuse, composée de soufre et d'oxygène. Nous la plongeons dans l'eau froide. Un bruit se fait entendre, comparable à celui d'un fer rouge qu'on plonge dans un liquide froid. Il est occasionné par la violence de la réaction : l'anhydride se combine à l'eau pour former un acide, l'acide sulfurique, connu sous le nom d'huile de vitriol.

La baryte anhydre (combinaison de baryum et d'oxygène), mise au contact de l'eau, s'échauffe assez rapidement, et il se forme un hydrate de baryte. Il en est de même avec la chaux. On dit qu'elle *foisonne* quand, en se combinant à l'eau, il y a élévation de température qui détermine la vaporisation d'une certaine quantité du liquide qui se trouve en excès.

La baryte et la chaux retiennent l'eau avec énergie dans les hydrates qui viennent se former. Dans un grand nombre de sels, l'eau est plus faiblement combinée, lorsqu'elle y joue le rôle d'eau de cristallisation.

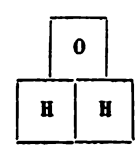
Le sulfate de cuivre que je vous présente ici est blanc. Il est anhydre. Si nous y ajoutons de l'eau, il va devenir bleu. Il s'hydrate. C'est dans cet état qu'on l'emploie en pharmacie et dans les arts.

Cette hydratation est accompagnée d'un dégagement de chaleur moins énergique à la vérité que celui que nous venons de constater dans les exemples précédents.

Dans le sulfate de cuivre, l'eau ajoutée est ce qu'on appelle de l'eau de cristallisation. Elle joue un rôle particulier. Elle est nécessaire à la formation et à la constitution, non pas du sel, mais de ses cristaux.

Au contraire, l'eau que nous ajoutons aux acides anhydres, aux oxydes anhydres, entre en combinaison avec ces corps. Elle est nécessaire à leur constitution. On dit qu'elle joue le rôle d'acide dans les oxydes hydratés, comparables à la potasse caustique ou hydrate de potasse; qu'elle joue le rôle de bases dans les acides hydratés, tels que l'acide sulfurique et l'acide acétique.

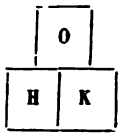
Éclaircissons le sens de ces propositions. Nous avons formé de l'hydrate de potasse en décomposant l'eau par le potassium. Or, comment le métal a-t-il agi? Il a déplacé la moitié de l'hydrogène de l'eau, et le potassium s'est substitué à elle.




représente de l'eau ordinaire (1).

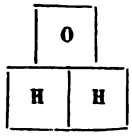
(1) M. Wurtz se sert pour cette démonstration de tubes de carton.

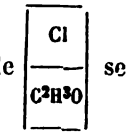
Digitized by Google



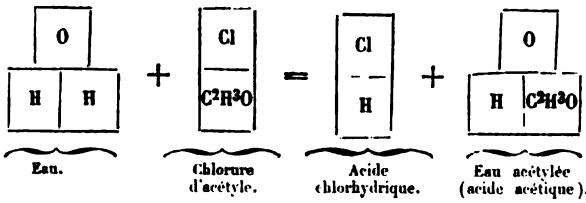

représente de l'eau dans laquelle H a été remplacé par K, c'est-à-dire de l'hydrate de potasse.

En décomposant le chlorure d'acétyle par l'eau, il se forme de l'acide chlorhydrique et du vinaigre ou acide acétique. La réaction est aussi simple que la précédente.

L'eau 

et le chlorure d'acétyle 

se métamorphosent ainsi :




Dans les deux cas il y a un double échange, une double substitution, et l'on voit quel rôle important l'eau joue dans toutes ces réactions. C'est elle qui est potasse ou acide acétique par les procédés de substitution.

L'acétyle est un système moléculaire pouvant être transporté intact, comme le potassium lui-même, d'une combinaison dans une autre. C'est un radical composé qui joue le rôle d'un radical simple.

Cette idée de substitution nous permet d'envisager la potasse et l'acide acétique comme deux corps directement dérivés de l'eau. — Les preuves surabondent d'ailleurs à cet égard. — Nous pouvons dire que la potasse est une eau potassée, et l'acide acétique une eau acétylée. Eau métallique et eau organique !

Nous voici arrivés au sommet de la science. En effet, les considérations sommaires que je viens de vous exposer sont de celles qui ont servi à édifier la *théorie des types*. L'eau est un type chimique, et un type auquel on peut rapporter une foule de combinaisons.

Voyez comme notre sujet a grandi. Je vous ai montré l'eau tour à tour se formant, se décomposant, se combinant aux corps, et finalement servant de lien théorique et comme de modèle à un grand nombre de composés divers qui possèdent la même structure atomique. Et pourtant je n'ai point épuisé mon sujet. L'eau joue encore un autre rôle dans les phénomènes chimiques. Elle dissout une foule de substances, et sert de véhicule à une multitude de réactions qui se passent dans son sein. Tout le monde sait ce qui se passe lorsqu'un morceau de sucre se dissout dans l'eau : le sucre se liquéfie. Il se fait liquide; il change d'état, mais non de nature; et ce changement d'état est accompagné d'un abaissement de température. Mais l'eau exerce son action dissolvante à des degrès très-divers, suivant la nature des corps. Les uns sont très-solubles dans l'eau, d'autres s'y dissolvent peu ou point. En général, l'élévation de la température favorise l'action dissolvante de l'eau. On met cette circonstance à profit pour faire cristalliser une foule de sels. On les dissout dans l'eau bouillante, de manière à saturer celle-ci. La liqueur, en se refroidissant, laisse déposer des cristaux plus ou moins volumineux et plus ou moins nets, selon la nature de la substance dissoute.

L'eau exerce aussi son action dissolvante sur certains liquides. On dit alors que ceux-ci sont miscibles à l'eau. D'autres liquides y sont insolubles. Telles sont les huiles grasses et essentielles, qui ne s'y mêlent point, mais forment à sa surface une couche parfaitement distincte.

Tous les gaz ne s'y dissolvent pas avec une égale facilité. Quelques-uns y sont très-solubles. Il en est ainsi du gaz ammoniaque, du gaz chlorhydrique : si l'on met en contact avec l'eau une éprouvette remplie de ce dernier gaz et placée sur le mercure, cette eau se précipitera avec énergie dans l'éprouvette et pourra même la briser.

L'oxygène, l'azote et l'acide carbonique dont le mélange constitue l'air atmosphérique, sont beaucoup moins solubles. Cependant, l'eau répandue à la surface du globe tient en dissolution une petite quantité de ces gaz. Et l'on sait que la présence de l'oxygène est indispensable dans l'eau, car sans lui comment respireraient les animaux aquatiques? Tous les animaux respirent, et tous respirent le même gaz.

L'eau répandue à la surface du globe ne renferme pas seulement en dissolution des gaz, elle renferme aussi des sels. Évidemment elle doit se charger de toutes les substances solubles qu'elle rencontre sur son passage, ou avec lesquelles elle se trouve en contact. On appelle *eaux minérales* les eaux qui sont chargées d'une quantité notable de matières alcalines et salines. Les eaux sulfureuses renferment une petite quantité d'un sulfure; les eaux ferrugineuses renferment un sel de fer, etc.

Toutes ces propriétés font concevoir de quelle importance a dû être le rôle de l'eau durant les phénomènes géologiques. Tous les terrains sédimentaires se sont déposés du sein de l'eau. Une foule de minéraux cristallisés se sont formés par la voie humide, c'est-à-dire par voie de cristallisation. L'eau a été l'universel véhicule d'où se sont déposées toutes les matières solubles. Les unes se sont déposées en petits cristaux, quelquefois en pâte; les autres, en magnifiques prismes, comme ce cristal de roche, en rhomboèdres réguliers et transparents comme ce spath d'Islande, que je vous présente.

Mais, dira-t-on, comment des substances si peu solubles dans l'eau, comme le cristal de roche, ont-elles pu former des cristaux si volumineux? C'est que la nature a opéré dans des conditions qu'il nous est impossible de reproduire. Comment pourrions-nous imiter la puissance des moyens qu'elle a mis en œuvre ?

Nous opérons avec un verre d'eau, elle opère avec l'océan... Nous attendons une heure, un jour, une année... elle attend des siècles.

Digitized by Google

On le voit, l'eau a joué un rôle immense dans les grands phénomènes de la nature, et parmi ces phénomènes le plus grand, le plus impénétrable, c'est la vie.

Or, sans eau point de vie.

L'eau est l'élément principal de la séve qui apporte aux plantes les matériaux de leur nutrition. Et l'on sait que la vie se manifeste dans le monde des plantes et dans le monde des animaux.

La séve des végétaux, les sucs que leur apportent les matériaux nécessaires à leur nutrition, sont des liquides aqueux, de vraies solutions. Les parties molles et charnues des plantes sont gonflées par de l'eau; ce sont aussi celles où la nutrition est le plus active.

Dans ces feuilles qui s'étalent à l'air et à la lumière, la matière organique s'élabore aux dépens des éléments que les végétaux puisent dans le sein de l'atmosphère. Toutes les substances organiques renferment du charbon et de l'hydrogène; le plus grand nombre renferment de l'oxygène. Le charbon, les matières organiques le tirent de l'acide carbonique; l'hydrogène, elles le trouvent dans l'eau; l'oxygène, dans ces deux composés. Mais les plantes ne se bornent pas à ajouter les éléments de l'eau à ceux de l'acide carbonique pour élaborer les matières organiques. Il faut qu'elles en retranchent l'oxygène, qu'elles réduisent, en un mot, l'acide carbonique et quelquefois l'eau elle-même. Et cette perte d'oxygène, cette réduction, ne sauraient s'accomplir sans l'intervention d'une force puissante, la lumière du soleil. Celle-ci est absorbée par les feuilles, et opère dans ces organes délicats cette décomposition de l'acide carbonique et de l'eau que nous ne pouvons effectuer, dans nos expériences grossières, qu'à l'aide des procédés les plus énergiques ou des températures les plus élevées. A ce point de vue, nous pouvons donc considérer les plantes comme des appareils destinés à élaborer des matières organiques et en même temps à absorber et à emmaganiser de la force. Ils détruisent la matière organique dans l'acte de la respiration, où les matériaux qui composent nos tissus et nos humeurs, et qui sont devenus impropres à la vie, sont brûlés et retournent à l'atmosphère sous forme d'acide carbonique et de vapeur d'eau. Les animaux s'échauffent en respirant; ils dépensent aussi de la force en se mouvant. Mais ils ne sauraient ni respirer, ni s'échauffer, ni se mouvoir, ni vivre enfin, si leurs organes n'étaient point gonflés d'eau. Et l'on sait en effet que l'eau est l'élément principal du sang et de toutes les autres humeurs, que les tissus solides du corps des animaux sont baignés par des humeurs aqueuses. La vie se retire des organes séchés. On connaît à cet égard le curieux phénomène que présentent ces infusoires anguillules, tardigrades, rotifères, qui vivent dans les lieux humides, dans la mousse, etc.; l'ardeur du soleil les dessèche en été et les transforme en une poussière inerte, inanimée. L'humidité les ressuscite. En gonflant leurs organes desséchés, mais non détruits, l'eau leur rend le mouvement et la vie.

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### VI et VII.

**De l'absorption en général et de l'absorption sous-cutanée en particulier.**

Nous avons vu que le curare était absorbé très-rapidement sous la peau et très-peu dans l'estomac. Cette question de l'absorption a une importance capitale, parce qu'en définitive, c'est celle de l'introduction de la substance toxique ou médicamenteuse dans le milieu organique. C'est en partie grâce aux variations de l'absorption elle-même qu'on peut obtenir dans l'action d'une substance toxique toutes les variations et tous les degrés imaginables, depuis l'action nulle jusqu'à l'action mortelle, en passant par l'action thérapeutique. Dans les séances précédentes, nous avons en effet soumis trois lapins à l'influence du curare administré sous la peau, mais à doses très-différentes : l'un est mort, l'autre n'a subi aucune action, et le troisième a été seulement paralysé des membres d'une manière partielle et momentanée.

Aujourd'hui nous allons entrer plus avant dans l'étude de l'absorption, et exposer de nouveaux faits, c'est-à-dire exécuter devant vous de nouvelles expériences, car la médecine expérimentale, reposant essentiellement sur l'expérience, nous devons tout démontrer ici expérimentalement.

Des expériences nombreuses, et particulièrement celles qu'a exécutées Magendie, ont montré que l'absorption se faisait surtout par le système veineux, et non par les vaisseaux lymphatiques, comme on l'avait soutenu longtemps. Voici quelle était la principale expérience de Magendie : il suffira de la rappeler brièvement, car elle est devenue classique et tout le monde la connaît. Magendie amputait un membre presque complétement, de telle sorte qu'il n'y eût plus de communication entre la partie amputée et le tronc que par l'artère et la veine du membre amputé. Comprimait-il la veine en même temps qu'il injectait un poison dans le tissu cellulaire sous-cutané du membre amputé, aucun effet toxique n'était produit; mais l'empoisonnement se manifestait aussitôt qu'on cessait la compression de la veine, ce qui donnait libre cours au sang empoisonné. Les conclusions légitimes de cette célèbre expérience furent attaquées à cette époque par des objections vraiment absurdes. On prétendit, par exemple, que rien ne prouvait que l'absorption se produisît dans cette expérience par les veines elles-mêmes plutôt que par de petits vaisseaux lymphatiques qui, disait-on, pouvaient ramper en quantité plus ou moins

(1) Voy. les nos 5, 7 et 8.

Digitized by Google

considérable dans les parois mêmes de ces veines. L'objection, comme celles de la scolastique, paraissait insoluble, et cependant Magendie parvint à y répondre d'une manière victorieuse : il pratiqua une section de la veine, et remplaça la partie enlevée par un tuyau de plume, au travers duquel le sang pouvait continuer à circuler ; ce tuyau de plume ne pouvait évidemment contenir de de vaisseaux lymphatiques, et comme l'absorption se produisit encore, on fut bien forcé d'admettre qu'elle avait lieu par les veines elles-mêmes.

Le système veineux est donc le principal agent de l'absorption ; mais ce n'est pas à dire que les vaisseaux lymphatiques ne prennent aucune part à cette fonction. Sans doute l'empoisonnement ne se produit pas à la suite d'une injection toxique, lorsqu'on coupe la veine du membre où elle est faite, en laissant subsister les vaisseaux lymphatiques qui s'y distribuent, comme Magendie l'a montré dans une anse de l'intestin. Mais ce serait exagérer les conséquences de cette expérience que d'en déduire la non-participation des vaisseaux lymphatiques à l'absorption. Tout prouve en effet que les vaisseaux lymphatiques absorbent, et il nous suffit ici de rappeler les phénomènes qu'on observe en ouvrant un animal en digestion. Seulement il faut dire que l'absorption des vaisseaux lymphatiques est incomparablement plus faible que celle des veines, et c'est pour cela qu'elle ne se traduit par aucun effet toxique, le poison étant éliminé par diverses voies au fur et à mesure de sa trop faible absorption.

La conclusion à tirer de tout ce qui précède, c'est qu'on peut régler l'absorption en réglant le cours du sang : le point est du reste très-facile à démontrer par expérience. Voici deux chiens d'âge, de volume et de force aussi semblables que nous avons pu les trouver ; ils sont tous les deux en état de digestion et dans des conditions parfaitement comparables. Nous allons leur injecter à chacun, dans le tissu cellulaire sous-cutané de la patte (1), — on verra tout à l'heure pourquoi nous choisissons cet endroit, — une dose égale de cette dissolution de curare ; puis nous laisserons mourir le premier sous l'influence de cette dose, afin de bien établir qu'elle était suffisante pour produire la mort ; quant au second, lorsque l'action toxique se produira sur lui, nous avons l'intention de l'arrêter immédiatement en arrêtant l'absorption, afin que l'élimination, continuant à se faire, l'animal puisse revenir à la vie.

Voici le chien empoisonné le premier qui est pris des symptômes caractéristiques de l'empoisonnement par le curare ; il commence à ne plus pouvoir se tenir sur ses pattes, et l'on voit son corps entier agité de tremblements convulsifs. Nous n'avons pas observé de tremblements de ce genre en empoisonnant des lapins par le curare dans les séances précédentes. C'est par des observations semblables que certains physiologistes ont été conduits à prétendre que la mort par le curare était accompagnée de convulsions, tandis que d'autres soutenaient le contraire. Au fond, ils n'avaient tort ni les uns ni les autres ; leur différend venait tout simplement de ce qu'ils ne se plaçaient pas dans les mêmes conditions, et ne raisonnaient pas sur les mêmes faits. Chaque opinion pouvait invoquer en sa faveur des observations certaines. Le curare, en effet, produit quelquefois des convulsions, et quelquefois aussi il n'en produit pas ; mais il n'y a point là de contradiction réelle, car cet antagonisme apparent se ramène tout simplement à une question de dose. Tout poison qui tue un élément histologique commence d'abord par exalter les fonctions de cet élément histologique avant de les détruire : c'est l'effet que nous venons de constater ici sur notre chien empoisonné par le curare, et cet effet s'est traduit par des tremblements convulsifs dans tous les membres. Mais quand la dose de poison est fort considérable, la mort arrive très-rapidement, et par suite la période d'exaltation des fonctions de l'élément histologique atteint, cette fonction, dis-je, est trop courte pour qu'on ait le temps de l'observer : c'est ce qui est arrivé aux lapins que nous avons empoisonnés dans les séances précédentes.

Voici maintenant notre second chien qui subit à son tour les effets du curare et s'affaisse sur lui-même. Pour le sauver, il va suffire sans doute d'arrêter l'absorption, ce que nous ferions évidemment tout de suite en amputant la patte empoisonnée ; mais cette opération extrême n'est pas nécessaire, et l'on atteint le même but en pratiquant à la partie supérieure de cette patte, au-dessus du point par où a pénétré le poison, une forte ligature qui arrête le cours du sang. L'animal que vous voyez maintenant étendu sur le flanc, et respirant à peine, pourra ainsi revenir à la vie. En effet, le poison s'est introduit et accumulé dans l'organisme, parce que l'élimination a marché moins vite que l'absorption ; il arrive donc un moment où il y a dans le sang une assez grande quantité de curare pour que les effets toxiques de cette substance puissent se manifester. On arrête alors brusquement l'introduction du curare dans la circulation générale en liant la patte d'où s'échappe le sang empoisonné ; comme l'élimination continue toujours, la quantité de curare contenue dans l'organisme diminuera progressivement, et deviendra bientôt trop faible pour que les effets toxiques continuent à se manifester : les nerfs moteurs sortiront alors de leur état d'engourdissement, et l'animal reviendra à lui assez vite, d'autant plus vite d'ailleurs que les effets du curare auront été moins prolongés et que la quantité de substance toxique introduite dans l'organisme aura été moins considérable. On pourra relâcher alors la ligature et laisser pénétrer dans

(1) Cette opération est bien plus difficile à exécuter sur un chien que sur un lapin, parce que le tissu sous-cutané du chien est extrêmement résistant, et se prête moins bien aux dissections ou aux vivisections. Chez l'homme, le tissu de quelques parties du corps, et surtout celui du périnée, est dans le même cas, ce qui lui avait fait donner par Dupuytren le nom de *tissu cellulaire de chien*.

Digitized by Google

le sang une nouvelle quantité du curare qui empoisonnera une seconde fois l'animal en quatre ou cinq minutes; le renouvellement de la ligature le sauvera encore, et il pourra se relever au bout d'une vingtaine de minutes. Si l'on relâche de nouveau la ligature, l'animal ne tombera plus qu'au bout d'une douzaine de minutes, et ainsi de suite. Les époques s'éloignent de plus en plus les unes des autres, et, à la suite d'un certain nombre d'opérations de ce genre, tout le curare injecté dans la patte sera rejeté hors de l'organisme. Mais, pour que l'animal soit définitivement sauvé, il n'est pas nécessaire qu'il ait éliminé tout le poison qu'il a reçu; il suffit que la quantité qui reste encore dans le sang ne soit pas assez considérable pour l'empoisonner.

Malheureusement, la ligature de la patte a probablement été pratiquée trop tard, car je vois que notre second chien est mort comme le premier. Nous pourrions le faire revenir à la vie, si nous employions un appareil propre à opérer la respiration artificielle; mais ce n'est point l'objet de notre démonstration actuelle. Voici un troisième chien sur lequel nous allons recommencer l'expérience. Il est plus gros et plus vieux que les deux autres, ce qui fait que l'empoisonnement marchera moins vite. En effet, toutes ces expériences sur l'absorption sont très-déterminées, et dès que la moindre condition vient à être changée, on s'en aperçoit immédiatement aux résultats. Nos deux premiers chiens ont présenté des phénomènes identiques, suivant une marche parfaitement parallèle, parce que nous les avions choisis tout exprès tous les deux jeunes, tous les deux de même taille, tous les deux en digestion, en un mot, tous les deux aussi comparables que possible. Celui-ci au contraire est plus volumineux, et il n'a reçu cependant que la même dose de curare. Or, la quantité de poison étant restée la même et la quantité de sang étant plus considérable, il faudra évidemment un temps plus long pour que toute la masse du sang ait reçu une quantité de curare suffisante pour lui communiquer ses propriétés toxiques. Les effets de la saignée et de l'abstinence s'expliquent de la même manière. Des expériences nombreuses ont établi qu'une saignée ou une abstinence prolongée favorisait singulièrement l'action des poisons. Mais il ne faudrait pas en conclure que l'absorption devient seulement plus rapide sous l'influence de ces deux circonstances. Si l'empoisonnement se manifeste plus vite dans ce cas, cela est dû, suivant M. Claude Bernard, aux variations de la quantité de sang contenue dans l'organisme. Un animal à jeun possède en effet beaucoup moins de sang qu'un animal en digestion, et cette différence peut aller à près d'un tiers quand l'abstinence a duré assez longtemps; pour ce qui est de la saignée, il est évident qu'elle diminue la quantité de sang contenue dans le corps. La masse liquide sur laquelle se répartit le poison injecté étant moins considérable, il n'est pas étonnant dès lors qu'une quantité plus faible suffise à lui communiquer des propriétés toxiques. Mais l'absorption n'a rien à voir à tout ceci, car M. Claude Bernard a montré qu'on observait encore un empoisonnement plus rapide en cas d'abstinence ou de saignée, lorsqu'on injectait directement le poison dans le sang, ce qui met évidemment de côté la question de l'absorption.

Notre troisième chien étant mort comme le second à la suite de la séance précédente, malgré la ligature de la patte, nous allons revenir de nouveau sur notre expérience comparative, qui avait pour objet de montrer que l'on peut arriver à régler l'absorption sous-cutanée.

Il faut d'abord savoir pourquoi les expériences tentées mercredi dernier sur trois chiens successivement n'ont pas fourni le résultat attendu. Nous ne laisserons jamais passer une expérience qui ne réussit pas sans chercher à expliquer pourquoi et comment cela s'est fait. Quand une expérience, faite dans certaines conditions, réussit, on en déduit les conséquences qui semblent en découler; quand on la reproduit et qu'elle ne réussit plus, cela tient à des conditions particulières et différentes dans lesquelles on s'est placé sans le savoir : mais on doit alors chercher ces conditions. Malheureusement, on ne peut souvent pas tenir compte de toutes les particularités des expériences, et on laisse ainsi échapper une foule de circonstances intéressantes qu'il faudrait savoir. Les hasards d'une première expérience exercent même quelquefois une grande influence sur la suite d'une recherche physiologique. Ainsi, M. Claude Bernard a réussi, la première fois qu'il l'a tentée, la même expérience qui n'a pas réussi dans la dernière séance ; mais il est évident qu'il aurait aussi bien pu ne pas réussir la première fois qu'il y a deux jours, et dans ce cas il aurait sans doute renoncé à l'idée directrice de l'expérience qui était pourtant très-juste. Dans d'autres expériences qu'il fit à une autre époque pour essayer de démontrer qu'on rend un animal diabétique en piquant la moelle allongée dans un certain point, M. Claude Bernard réussit également la première fois, et il tenta ensuite l'expérience plus de quinze fois sans parvenir au même résultat. Une expérience qui ne réussit pas est souvent plus instructive qu'une qui réussit. Celle-ci, en effet, ne nous apprend que ce que nous savions déjà en confirmant la justesse de l'idée préconçue que nous nous étions formée. L'autre, au contraire, nous révèle des conditions du phénomène passées d'abord inaperçues, et c'est à nous de savoir les découvrir en analysant avec soin toutes les circonstances. Il ne faut donc pas mettre de côté les expériences qui ne réussissent pas, et c'est une très-mauvaise méthode que de résumer les résultats d'une recherche expérimentale en disant que l'expérience réussit vingt-cinq fois sur cent, par exemple : elle doit réussir toujours quand on connaît bien les conditions. Une expérience dont les résultats varient est une expérience dont on ne connaît pas les conditions; en un mot, c'est une expérience à étudier pour en fixer les conditions exactes.

Nous avons cherché ce qui avait fait manquer notre expérience dans la dernière séance, et nous avons trouvé

Digitized by Google

que c'est parce que l'on avait employé une dissolution de curare trop concentrée : elle contenait 2 centigrammes de curare pour 1 centimètre cube d'eau. Dans la première expérience qu'il avait faite auparavant, M. Claude Bernard employa une dissolution qui n'était pas dosée, mais qui était beaucoup plus faible. Les résultats des expériences ont donc été différents parce que les conditions n'étaient pas les mêmes. On aurait pu supposer que la force plus ou moins grande de la dissolution de curare ne devait avoir aucune influence dans ce cas, puisque la ligature qu'on pratique à la patte arrête tout court l'absorption. Ce serait pourtant une erreur de le croire, et l'éclaircissement de ce point nous fournira l'occasion d'indiquer des conditions nouvelles de l'absorption sous-cutanée.

Quand on injecte le curare sous la peau d'un animal, il y a deux absorptions successives et tout à fait distinctes : la première, qui fait passer ce poison du tissu cellulaire sous-cutané dans le système veineux, à travers les minces parois des vaisseaux capillaires ; la seconde, qui le met en contact avec l'élément nerveux moteur qu'il doit empoisonner, en le faisant passer du sang dans le milieu spécial qui entoure cet élément histologique. Cette distinction de deux absorptions, distinction tout à fait nouvelle et que nous faisons pour la première fois, se rattache à notre distinction de deux milieux chez les êtres organisés (1).

Il est évident que ces deux absorptions ne peuvent pas être simultanées : elles sont consécutives. Mais il ne faudrait pas croire que la durée qui les sépare soit celle de la circulation générale. Cette durée est extrêmement courte, et l'on peut presque toujours la négliger dans les phénomènes physiologiques d'absorption, comme on néglige en physique la vitesse de propagation de la lumière dans les expériences sur la vitesse du son. La circulation générale, si rapide, n'est donc pas la seule à considérer ; il y a aussi une circulation locale mettant le sang en rapport intime avec les éléments histologiques, et celle-ci est bien plus lente que la première. Ces faits physiologiques sont restés inaperçus jusqu'à présent, et l'on n'a pas encore porté l'attention sur eux ; cependant l'anatomie en donnait l'indication d'une manière incontestable. La grande circulation, qui s'accomplit en un certain nombre de secondes, passe par les plus gros vaisseaux capillaires. Mais le sang ne porte dans les organismes élémentaires son action bienfaisante ou toxique qu'à la condition de pénétrer d'abord dans les petits capillaires et entre les éléments organiques où s'accomplit une sorte de circulation lacunaire locale beaucoup plus lente (2).

Un certain intervalle de temps sépare les deux absorptions intérieure et extérieure, et cet intervalle correspond au temps nécessaire pour que le poison introduit dans le sang pénètre dans cette circulation locale et baigne en quelque sorte les éléments histologiques.

Or, dans nos expériences, la ligature de la patte arrête bien l'absorption extérieure, mais l'absorption intérieure continue toujours au moyen du curare introduit dans le torrent de la circulation générale avant la ligature. Si nous avons employé une dissolution plus concentrée, il y aura donc dans le sang, au moment de la ligature de la patte, une plus grande quantité de poison, puisqu'il y est entré la même quantité de liquide ; sans doute il n'en entrera plus davantage, puisque la ligature a arrêté l'introduction du curare. Mais le poison qui se trouve déjà dans le sang pénétrant progressivement dans le milieu immédiat des éléments histologiques, par suite de l'absorption organique qui est bien plus lente que l'absorption extérieure, il se peut qu'il produise un empoisonnement définitif que nous ne pourrions plus empêcher, puisque tout ce qui est en notre pouvoir, c'est d'arrêter l'absorption extérieure, l'absorption intérieure échappant complétement à notre action et continuant malgré nous. En effet, les premiers symptômes toxiques ne se produisent pas lorsque l'absorption extérieure a fait pénétrer dans le sang une quantité de curare suffisante pour lui communiquer ses propriétés mortelles, mais seulement lorsque l'absorption organique a mis en contact avec les éléments histologiques une dose de poison capable d'agir sur ces éléments. Or, lorsque cette action se montre sur l'élément histologique plongé dans le milieu organique, il n'est pas du tout indifférent de savoir quelle quantité de curare se trouve alors dans le sang, car ce curare va continuer à pénétrer lentement dans le milieu des éléments histologiques, bien que l'absorption extérieure soit arrêtée.

Les considérations précédentes permettent d'expliquer certains faits dont M. Claude Bernard avait vainement cherché la raison autrefois. Il faisait alors des expériences consistant à injecter de la strychnine par la veine jugulaire. Ces expériences avaient pour but de mesurer les variations que subit la quantité de sang contenue dans l'organisme d'un animal à un autre. En effet, étant admis que la strychnine doit être à une certaine dose dans le sang pour lui communiquer ses propriétés toxiques, il est évident que plus un animal aura de sang, plus il faudra de strychnine pour l'empoisonner. M. Claude Bernard injectait donc progressivement ce poison en ayant soin d'aller très-lentement. Mais dès que les symptômes convulsifs propres à la strychnine se manifestaient, on avait beau cesser aussitôt l'administration du poison, l'animal mourait toujours. C'est qu'en effet ce qui produisait le premier symptôme convulsif,

(1) Voyez la seconde leçon du cours de M. Claude Bernard dans dans le n° 7 de l'année courante, et la seconde leçon de son cours de *Physiologie générale* professé à la Sorbonne, dans le n° 22 de l'année dernière.

(2) Voyez, pour le développement de ce fait, la dernière leçon du cours de *Physiologie générale* professé à la Sorbonne par M. Claude Bernard, dans le n° 3 de l'année courante, p. 41.

Digitized by Google

ce n'était pas la dernière goutte de strychnine introduite dans la veine jugulaire, mais une goutte injectée bien antérieurement, et qui pénétrait seulement alors dans le milieu organique. Tout le poison injecté dans le sang depuis cette goutte-là continuait donc, après la cessation de l'injection, à pénétrer dans le milieu immédiat des éléments histologiques, et il y en avait toujours assez pour empoisonner définitivement l'animal.

M. Claude Bernard a répété devant l'auditoire l'expérience de la leçon précédente sur deux lapins très-comparables, mais en employant une dissolution de curare moins concentrée, et renfermant seulement 4 milligrammes de poison pour un centimètre cube de liquide. On injecte sous la peau d'une patte de derrière de chaque lapin un centimètre cube de la liqueur empoisonnée. Après six ou sept minutes, les deux lapins tombent et sont pris de phénomènes toxiques. On fait aussitôt la ligature chez l'un d'eux au-dessus du point de l'injection toxique, et on laisse l'autre sans ligature. L'expérience, qui n'avait pas réussi avec une dissolution de curare très-concentrée contenant 2 centigrammes de curare pour 1 centimètre cube de liquide, a eu un plein succès avec la dose indiquée plus haut.

En effet, de nos deux lapins, celui qui n'a pas eu de ligature est complétement mort, comme vous le voyez; le second, au contraire, a été sauvé par la ligature que nous lui avons pratiquée. Ce dernier commence à marcher, et il a mis environ trente-cinq minutes à recouvrer l'usage de ses membres. Il faudrait bien attendre trois quarts d'heure pour qu'il se retrouve exactement dans les mêmes conditions qu'avant l'expérience. En relâchant alors la ligature de la patte, nous le verrions retomber au bout de six ou sept minutes, de même que la première fois. Mais comme nous n'attendrons pas ce moment pour enlever la ligature, et laisser opérer de nouveau l'absorption extérieure, l'animal, qui est maintenant déjà sur ses pattes, mais qui n'est pas encore tout à fait revenu, va être repris très-vite d'empoisonnement. C'est ce qui a lieu en effet; le lapin retombe sur le flanc, réempoisonné deux ou trois minutes après l'enlèvement de la ligature. Cela tient à ce que le curare existe encore dans le sang, bien qu'en quantité trop peu considérable pour que les éléments histologiques ressentent les effets propres à cette substance. Mais, si faible que soit ce résidu, il n'en est pas moins vrai que la dose toxique sera plus vite atteinte que s'il n'y en avait plus du tout.

Le résumé de tout ceci, c'est qu'on peut régler l'absorption sous-cutanée en réglant le cours du sang. L'absorption intestinale présente, au contraire, une foule de variations qu'il est très-difficile de calculer et de soumettre à des lois certaines.

Il y a encore un autre mode d'absorption médicamenteuse, qui a soulevé de vives controverses dans lesquelles nous ne pouvons entrer ici: c'est l'absorption cutanée proprement dite, c'est-à-dire celle qui s'opère au travers de la peau sans aucune blessure. Remarquons seulement qu'à l'état ordinaire, cette absorption n'existe pas pour le curare chez l'homme ni même chez les mammifères. On l'observe, il est vrai, chez les grenouilles, pourvu toutefois qu'elles aient été retirées de l'eau depuis un certain temps; lorsqu'elles sortent de l'eau, leur peau, étant humide, ne paraît pas se prêter de même à cette absorption : cela tient peut-être à une sorte de saturation d'absorption, qui serait plus ou moins comparable à la saturation des dissolutions salines. Lorsqu'on veut mettre en jeu chez l'homme l'absorption cutanée pour le curare, on est obligé d'enlever l'épiderme de la peau, ou de l'irriter par certains agents spéciaux, par exemple en y appliquant des vésicatoires. Mais c'est toujours là une absorption fort infidèle, et dont il est à peu près impossible de prévoir exactement les effets.

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ZOOLOGIE (1).

COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

### II.

**Considérations générales sur les animaux invertébrés.**

De tout temps on a cherché à ériger en principes les moindres analogies, à généraliser quand on connaissait à peine quelques faits : c'est le côté le plus attrayant des sciences, et la voie où se jettent souvent avec trop de facilité les chercheurs de la vérité. Cependant, quand il s'agit d'histoire naturelle, il faut une grande réserve, car les généralités ont souvent conduit aux erreurs les plus graves. Toutefois il est utile, en abordant l'étude des animaux invertébrés, de tracer aussi nettement que possible les caractères particuliers qui appartiennent à cette grande division du règne animal, sans oublier que cela est d'autant plus difficile que ces êtres sont encore sous bien des rapports assez mal connus.

Les animaux invertébrés forment un ensemble bien distinct, un monde très-différent de celui des animaux vertébrés; aussi, avec M. de Quatrefages, regarderons-nous les vertébrés et les invertébrés comme formant deux sous-règnes. Pour bien les définir, considérons d'abord un vertébré, quel qu'il soit. Nous le voyons particulièrement caractérisé par une suite de pièces appelées *vertèbres*, composées chacune d'un disque avec des parties accessoires, et formant par leur réunion une colonne. Cette série de pièces osseuses constitue un axe médian dans le corps de l'animal. Mais l'existence d'une semblable disposition ne peut être un caractère absolu : et c'est pour avoir trop généralisé ce caractère des vertébrés, qu'on n'a pas su longtemps où placer ce fameux *Amphioxus*, dont on avait fait un mollusque, un ver

(1) Voy. le n° 6 (7 janvier), à la page 86, la seconde de ce numéro, la première ligne de la première colonne doit être placée à la fin de la seconde colonne.

Digitized by Google

même, tandis qu'il est établi aujourd'hui que l'Amphioxus doit être regardé comme une dégradation du type vertébré. Le caractère essentiel des animaux vertébrés, celui que nous appelons caractère dominateur, parce qu'il entraîne après lui d'autres caractères moins importants, consiste dans la disposition du système nerveux dont la partie fondamentale est généralement renfermée dans le canal de la colonne vertébrale, et dans une position constante relativement à d'autres organes. Aussi l'Amphioxus, qui n'a point de vertèbres, n'en est pas moins un vertébré.

Il n'y a pas que le système nerveux, ou à sa place la vertèbre, qui différencie nettement les animaux vertébrés des animaux invertébrés. Sous bien des rapports ceux-ci diffèrent totalement des premiers. Cette séparation presque absolue, qui a soulevé les critiques si obstinées des naturalistes de l'école dite *philosophique*, parmi lesquels nous voyons Geoffroy Saint-Hilaire en France, Gœthe et Oken en Allemagne, demande à être établie par quelques développements.

Il y a sans doute des analogies nécessaires entre les fonctions de tous les animaux : tout animal, vertébré ou invertébré, par cela même qu'il vit, se nourrit et se reproduit. Mais cela ne prouve pas que tous les animaux soient créés sur un même plan, d'après un modèle unique. Il n'y a rien d'impossible que la nature atteigne le même but par des voies toutes différentes, et nous allons précisément chercher à prouver, par quelques notions fondamentales, que le mode d'organisation des invertébrés ne ressemble pas, à bien des égards, à celui des vertébrés.

Une des premières notions à acquérir est relative à la distribution tout à fait différente, chez les vertébrés et chez les invertébrés, de cette chose si mystérieuse dans son essence même, cause suivant les uns, effet suivant les autres, qu'on appelle la vie. Il est assez difficile d'expliquer clairement ce fait, en raison de la difficulté bien plus grande encore qu'il y a à définir la vie.

Si l'on regarde la vie comme une cause, un principe d'action ayant son origine dans tel ou tel point de l'organisme, et si l'on nous permet de représenter, pour ainsi dire, la vie par une quantité qui sera plus ou moins grande suivant la puissance plus ou moins grande aussi de l'effet produit, nous dirons que chez les invertébrés, la vie semble être répandue en égales quantités dans toutes les parties de l'organisme. Chez les vertébrés, au contraire, la vie se concentre en un point particulier de chaque individu, ou du moins dans une partie très-restreinte de son être.

Que si l'on veut voir dans la vie un effet, une résultante, on pourra exprimer le principe que nous voulons énoncer, en disant que chez les invertébrés cette résultante ne paraît pas être la conséquence de l'action plus particulière de tel ou tel point de l'organisme, comme cela a lieu chez les vertébrés, où, pour employer une expression un peu trop rigoureuse pour de tels objets, la résultante semble appliquée à un ou plusieurs organes spéciaux et distincts.

Un exemple fera mieux ressortir le fait en question. Que l'on coupe une patte à un chien ; à part le trouble tout local qu'éprouvera l'économie, l'animal peut continuer à vivre. Si l'on poursuit la mutilation, on peut la pousser peut-être assez loin sans que la vie cesse, mais on arrive toujours à un point de l'organisme, tel que, lorsqu'il est atteint, la vie disparaît brusquement. Ce point remarquable où semble se concentrer la vie, ce « nœud vital », pour employer l'expression de M. Flourens, se rencontre chez tous les vertébrés. On peut aussi présenter la même idée en rappelant l'image à la fois pittoresque et saisissante de Bichat, qui montre la vie comme supportée par un trépied dont les trois pieds sont le cœur, le poumon et le cerveau. Que l'un des trois soit détruit, le trépied bascule, la vie cesse.

Par opposition, prenons un insecte ou tout autre articulé. Coupons des parties de son corps, séparons sa tête même : la vie ne disparaît point. Essayons à l'instant des mutilations dans tous les sens, il est bien évident que la mort finira toujours par arriver ; mais nous ne trouverons pas dans cet animal un point analogue au nœud vital, ou l'un des trois organes fondamentaux que nous avons rencontré chez les vertébrés, point ou organe dont la lésion amènerait une disparition brusque de la vie. La recherche d'un pareil point est bien plus difficile encore, quand il s'agit d'un mollusque ; c'est à peine si l'anatomiste peut diriger son scalpel d'une main sûre dans le corps de ces animaux, dont les contractions persistent même à la suite du morcellement complet de l'organisation. Et si l'on arrive aux invertébrés les plus inférieurs, on voit des zoophytes, tels que les *Actinies* ou *Anémones de mer*, dont une moitié du corps peut tomber en putréfaction, tandis que le reste vit encore très-bien. On peut détacher une des parties du corps d'un invertébré inférieur, non-seulement sans altérer la vitalité de l'animal, mais sans faire perdre même à la partie séparée sa vitalité propre : un tentacule séparé peut vivre longtemps et ressembler à un animal entier.

M. Lacaze-Duthiers, dans ses études sur le Dentale, acéphale particulier muni d'appendices filiformes tubulaires, terminés par des sortes de ventouses, fut sur le point de prendre ces tentacules pour des vers parasites. En effet, ces appendices se détachent facilement, et l'animal peut les perdre sans qu'il en résulte pour lui un grand trouble ; de plus, quand ils sont tombés, ils possèdent une vitalité propre, ils se meuvent, se contractent, se dirigent et rappellent tout à fait des vers.

Ces faits se présentent dans tous les invertébrés ; ils sont caractéristiques, et mettent bien en évidence le principe que nous avons énoncé, principe auquel il ne faut pas cependant donner une valeur absolue et sans restriction, mais dont la connaissance est indispensable, si l'on ne veut s'exposer à des erreurs grossières, quand on aborde l'étude des animaux inférieurs.

Digitized by Google

Une seconde notion à acquérir, concernant les invertébrés, est celle de la complexité dans un même être. Dans presque tous ces animaux, ce qu'on appelle ordinairement un individu n'est autre chose qu'une réunion, une colonie de petits individus plus ou moins distincts, désignés par le nom général de *zoonites*. Pour former l'être complexe, ces zoonites s'assemblent, soit en série linéaire, soit en masse, selon deux ou trois dimensions.

Considérons d'abord une colonie linéaire. Les zoonites y sont placés à la suite les uns des autres, mais chacun d'eux n'est pas toujours identique avec celui qui le précède ou celui qui le suit; il y a en effet, dans ces assemblages, des individus qui travaillent non-seulement pour eux-mêmes, mais aussi au profit de la colonie entière; chacun peut avoir sa spécialité d'action, et nous pouvons prévoir que les colonies les plus parfaites seront celles où la spécialisation des individus sera la plus complète. Prenons un crustacé ou un insecte, nous voyons dans cet invertébré supérieur la forme du zoonite être modifiée profondément par les rapports qui le lient aux deux zoonites voisins. Le premier zoonite, celui qui est à la tête de la série, sera comme une sentinelle avancée qui prend connaissance du monde extérieur; là seront donc les organes des sens, les yeux, les antennes, etc... A la suite, nous trouvons un zoonite nourricier, chargé de la préhension des aliments; là sera la bouche de l'animal, bouche généralement bien différente de l'ensemble des organes de mastication des vertébrés, où les parties se meuvent verticalement, tandis que chez les invertébrés les pièces buccales exécutent des mouvements horizontaux. Viennent ensuite les zoonites locomoteurs, constituant le thorax chez les insectes (ce thorax se compose toujours de trois zoonites munis de pattes ou d'ailes). Chez les crustacés, chaque zoonite possède des organes locomoteurs, mais ceux-ci ne sont pas toujours tout à fait spécialisés, car certains d'entre eux peuvent servir d'organes préhenseurs ou masticateurs. Enfin, à la partie postérieure de la colonie, sont ordinairement placés un ou plusieurs zoonites reproducteurs, avec des organes spéciaux, comme les tarières, aiguillons, oviscaptes des insectes.

Mais il y a des fonctions qui ne sont pas toujours remplies par des zoonites spéciaux: telles sont, par exemple, la circulation et la respiration chez les insectes : chaque zoonite a son cœur, son orifice respiratoire. De même pour le système nerveux : chaque anneau a son centre d'innervation.

Quand on considère des vertébrés plus inférieurs, les zoonites se spécialisent de moins en moins. Chez certains annélides, chaque anneau représentant un zoonite est muni d'une paire de pattes. Voici un annélide des côtes de France, l'*Arénicole des pêcheurs*, dont tous les anneaux de la partie moyenne de l'animal, laquelle est très-longue, sont munis chacun d'une paire de panaches ramifiés représentant des branchies. Dans les groupes d'animaux inférieurs où la spécialisation des parties est peu marquée, chaque zoonite semble se suffire à lui-même : ainsi tous les anneaux d'un Ténia sont munis d'organes de reproduction, de systèmes digestifs plus ou moins complétement isolés, etc.

Si ordinairement chaque zoonite possède un centre nerveux, il faut cependant remarquer que chez les invertébrés supérieurs, il semble y avoir une tendance à concentrer, pour ainsi dire, ce système nerveux à la partie antérieure de l'animal : des systèmes de classification ont même été fondés sur cette remarque. Il y a du reste des différences très-marquées dans la disposition générale du système nerveux chez les invertébrés et chez les vertébrés. On sait que le système nerveux, pris dans sa plus grande généralité, se compose de deux parties qui correspondent à deux modes d'actions physiologiques déjà définies par Aristote et si nettement séparées par Bichat, les actions de la vie de relation et celles de la vie végétative.

Dans les vertébrés, la première partie se présente sous la forme d'une masse suivie d'un cordon parallèle et supérieur aux organes de la digestion. Dans les invertébrés, au contraire, on trouve une série de ganglions entourant en un certain endroit le tube digestif. C'est cette différence de disposition qui a fait classer définitivement dans le sous-règne des vertébrés l'*Amphioxus*, qui n'a pas de vertèbres, mais dont le système nerveux et les organes digestifs sont bien latéraux l'un par rapport à l'autre et ne s'entourent pas.

Dans une colonie linéaire, il y a en général, comme nous l'avons vu, des rapports forcés entre un zoonite et ses deux voisins, rapports qui modifient sa forme plus ou moins complétement. Dans les colonies en masse, cette nécessité de relations est moins absolue; aussi devons-nous nous attendre à trouver ces colonies formées de zoonites très-peu différents les uns des autres: c'est ce que vérifie l'observation. Cependant il n'y a pas complétement cessation de solidarité entre les différents individus d'une colonie de ce genre; le travail de l'un peut encore profiter aux autres; mais ces relations sont bien moins marquées que celles qui lient entre eux, d'une manière si intime, les zoonites d'une colonie linéaire. Dans une colonie d'Hydres d'eau douce, par exemple, les individus ne sont liés entre eux que par leur extrémité inférieure; les extrémités munies de tentacules sont toutes libres et fonctionnent séparément. Les diverses espèces de Clavelines, appartenant à la classe des molluscoïdes tuniciers, vivent réunies sur des prolongements radiciformes communs, qu'on peut comparer à des stolons de fraisier; mais elles sont du reste libres dans toutes leurs actions. Dans quelques autres genres d'Ascidies composées, les colonies sont enfermées chacune dans une enveloppe charnue et unique, munie d'une seule ouverture, par laquelle s'opère la défécation. Il y a déjà ici moins d'indépendance dans les actions vitales.

Les *Siphonophores*, ou *Acalèphes hydrostatiques*, êtres aussi élégants que singuliers, qui ressemblent à des

Digitized by Google

guirlandes diversement colorées disposées en spirale, et qu'on trouve flottants dans les eaux limpides et bien aérées de la haute mer, présentent des colonies bien curieuses par leur composition. Leurs zoonites se spécialisent d'une façon toute particulière ; certains d'entre eux, sous la forme de filaments allongés, terminés par des ventouses ou par des espèces de harpons, sont les zoonites pêcheurs; ils saisissent les aliments et les donnent aux zoonites digérants, formés chacun d'une simple cavité vésiculaire ou trompe gastrique. D'autres zoonites servent à la locomotion; ils constituent de petites cloches cartilagineuses et contractiles. Enfin des zoonites spéciaux ont pour fonction de donner naissance à des individus nouveaux.

A ces deux notions générales sur l'organisation des animaux invertébrés, il faut en ajouter une troisième non moins caractéristique et importante que les premières. Les invertébrés semblent doués d'une force intérieure particulière, restant ordinairement à l'état de puissance, mais entrant quelquefois en acte, soit spontanément, soit par accident, pour produire ou accroître les tissus : M. Lacaze-Duthiers la nomme « la blastogenèse » (βλαστὸς, bourgeon; γεννάω, j'engendre). Coupons en deux un ver de terre : chaque tronçon possède une force blastogénétique spéciale, en vertu de laquelle il se complète lui-même et continue à vivre comme un ver entier. On connaît les expériences de Trembley sur l'Hydre d'eau douce : un tronçon quelconque de l'animal peut, toujours en vertu de la même force, se créer de nouveaux tissus, de manière à reconstituer une Hydre parfaite. Les colonies ne sont en somme que les conséquences de la blastogenèse ; seulement, quand d'un zoonite souche qui naît d'un œuf (*oozoïte*) sortent par bourgeonnement un nombre indéfini d'autres zoonites (*blastozoïtes*) formant colonie, la manifestation de la puissance blastogénétique est spontanée.

Quelquefois il est assez facile de voir un animal se préparer à exercer cette puissance, surtout quand il doit se transformer, lui colonie unique, en plusieurs colonies distinctes, et cela par fissiparité, propriété qu'accompagne toujours la blastogenèse. Ainsi la Myrianide, annélide étudié par M. Milne Edwards, se compose d'une longue série d'anneaux dont le premier porte des yeux et des appendices tentaculiformes. Si l'on coupe l'animal, la force blastogénétique entre en activité, et produit dans chaque tronçon ce qui lui manque, chez l'un une tête, chez l'autre une queue, et l'animal primitif peut ainsi se transformer en autant d'animaux semblables à lui qu'on a fait de tronçons. La Myrianide libre se multiplie spontanément comme si elle était divisée, car certains de ces anneaux qui la composent se munissent de rudiments de tentacules et d'yeux; puis bientôt, quand cette préparation naturelle est assez avancée, il y a spontanément fissiparité, justement en avant des points où se sont développés les anneaux particuliers formant les têtes de colonies nouvelles. On sait que la tête du Ténia est munie d'une couronne de crochets à l'aide de laquelle il s'attache aux parois de l'intestin; tant que la tête ne sera pas arrachée, le malade ne sera point débarrassé de son hôte importun, car si le médecin ne parvient à faire rendre qu'une partie du corps de l'animal, la force blastogénétique produit rapidement une nouvelle série d'anneaux qui reconstituent le Ténia. Dans ce parasite, si curieux à tant d'égards, la blastogenèse a son centre d'action justement en arrière de la tête.

Chez les madrépores, on voit souvent se manifester la fissiparité dans un même échantillon d'individus, présentant toutes les transitions entre un être simple et un être partagé en deux ou plusieurs polypes nouveaux.

M. Pouchet nie absolument la fissiparité dans les infusoires supérieurs ciliés, parce que, dit-il, s'il y a fissiparité de l'animal, il doit y avoir aussi fissiparité de tous les organes, ce qui ne peut raisonnablement être accepté au point de vue physiologique. On a de la peine à comprendre une pareille assertion, quand on voit la fissiparité être une loi générale dans un si grand nombre d'êtres supérieurs à bien des égards aux infusoires ; ne peut-on pas trouver dans l'opinion de M. Pouchet une preuve à l'appui de cette idée qui est le but même de cette leçon, à savoir, que pour aborder l'étude des animaux inférieurs, il faut avoir une connaissance approfondie des idées générales que nous avons exposées, et qui sont si éloignées de celles qu'on acquiert en étudiant seulement les animaux vertébrés?

Il n'y a pas que les faits généraux qui établissent une ligne de démarcation bien nette entre les vertébrés et les invertébrés : quand on vient à étudier chez ceux-ci les détails d'organisation, la séparation des deux sous-règnes devient de plus en plus tranchée : ainsi l'existence de globules du sang chez les premiers, leur absence complète dans les seconds, et bien d'autres caractères encore, mettent en évidence la différence énorme qui les distingue les uns des autres. Aussi trouverons-nous dans l'histoire des animaux inférieurs des faits qui non-seulement étonnent les personnes n'ayant fait d'études que sur les vertébrés, mais qui souvent seront mis en doute par elles.

Quel ne serait pas en effet l'étonnement d'un homme qui n'aurait étudié la circulation du sang que dans les mammifères, en entendant soutenir qu'il est des mollusques qui peuvent à leur gré, et suivant des actions qui nous sont absolument inconnues, se débarrasser d'une partie de leur sang, en un mot se faire une saignée en entre-bâillant les lèvres d'un orifice à ce destiné? Et cependant, dans les animaux inférieurs, dans les polypes par exemple, le fait est général et se présente sans exception.

Digitized by Google

## ASTRONOMIE.

**La constitution physique du soleil. Idées de M. Faye** (1).

Depuis la découverte des taches du soleil, c'est-à-dire depuis deux siècles et demi, la question de la constitution physique du soleil, soulevée par ces phénomènes, n'est pas sortie du domaine des conjectures; c'est encore dans ce domaine qu'il faut ranger une théorie récemment produite avec l'éclat qui s'attache si légitimement à l'une des plus brillantes conquêtes scientifiques de notre époque. Cependant ces conjectures n'ont pas été inutiles; elles ont guidé les observateurs, éveillé leur attention, soutenu leur persévérance. Les faits se sont ainsi accumulés, tandis que le progrès général des sciences nous familiarisait peu à peu avec cette idée, que les phénomènes du monde physique doivent dépendre tous des mêmes lois. Le moment paraît donc venu d'abandonner la voie conjecturale et de chercher, non plus à *deviner* comment les choses doivent se passer à trente-huit millions de lieues de distance, mais à rattacher l'ensemble des phénomènes à quelques lois générales, de telle sorte que les faits paraissent être de simples déductions logiques de ces lois.

Ce qu'on voulait expliquer vers la fin du dernier siècle se réduisait aux trois points suivants. Il y a trois étages à distinguer dans une tache solaire : 1° le fond brillant général sur lequel la tache apparaît, c'est-à-dire la photosphère ; 2° le second plan, moins lumineux, nommé pénombre ; 3° le troisième plan, sombre, presque noir, appelé noyau de la tache. Le caractère général de ces trois teintes, c'est qu'elles ne se fondent pas l'une dans l'autre par degrés insensibles ; leurs séparations sont nettes et leurs contours tranchés.

Le docteur Wilson, de Glascow, que ne gênait et ne guidait aucune de nos idées actuelles sur les lois du monde physique, traduisit littéralement dans sa conjecture ces trois impressions si nettes en composant le soleil d'un globe central solide, obscur, relativement froid, pour représenter le noyau noir des taches, et d'une enveloppe brillante, afin de figurer la photosphère. Cette enveloppe aurait la consistance d'un brouillard lumineux excessivement mobile, à travers lequel des éruptions gazeuses, parties çà et là du globe central, produiraient des excavations dont les parois inclinées donneraient lieu à la pénombre, et dont le fond, c'est-à-dire le noyau opaque et froid du soleil, formerait la partie noire de la tache.

Herschel Ier adopta cette hypothèse, et, pour mieux rendre compte de la pénombre, il imagina en outre, entre le noyau obscur du soleil et les nuages brillants de la photosphère, une seconde enveloppe nuageuse capable de réfléchir la lumière, mais non d'en émettre. L'éruption gazeuse de Wilson devait trouer les deux enveloppes pour produire une tache.

La théorie de Wilson et d'Herschel était sans doute exposée à bien des critiques, surtout en ce qui concerne ce globe central opaque et froid, mais elle mettait du moins en évidence deux choses capitales :

1° Les taches sont des cavités et non un phénomène purement superficiel comme le voulait La Hire, ou des saillies comme le prétendait Lalande. Les lois de la perspective appliquées à l'aspect des taches solaires prouvent l'erreur de ces deux hypothèses, et il suffit d'ailleurs, pour avoir le sentiment de la cavité, de placer dans un stéréoscope deux images d'une même tache prises à deux jours d'intervalle.

2° La photosphère n'est ni solide ni liquide. Elle consiste en un vaste amas de nuages lumineux, flottant dans un milieu fluide et formant autour du soleil une enveloppe continue où s'opèrent çà et là des déchirures (les taches), et des dénivellations (les facules). Au lieu de se fonder uniquement sur des observations télescopiques, les partisans de cette théorie auraient trouvé dans la chaleur énorme du soleil et la faiblesse de sa densité moyenne des arguments fort sérieux s'ils avaient pu les concilier avec leur bizarre idée d'un globe central, opaque, obscur, froid et même habitable.

Les choses en étaient là quand Arago, appliquant pour la première fois l'analyse polariscopique de la lumière à l'étude de la constitution physique du soleil, vint apporter des arguments d'une valeur incontestable à l'appui de l'hypothèse de la fluidité gazéiforme de la photosphère. Les expériences d'Arago soulevèrent pourtant des objections nombreuses, dont M. Faye expose et discute les principales, surtout celles de sir John Herschell et de MM. Bunsen et Kirchoff. Ces derniers ont montré qu'on reproduisait artificiellement les principales raies du spectre solaire en interposant la vapeur de divers métaux sur le trajet de la lumière émanée d'une source à spectre continu. M. Kirchoff a transporté conjecturalement au soleil lui-même cette admirable combinaison de laboratoire; il lui faut une source de lumière continue : ce sera la photosphère; il lui faut des vapeurs métalliques interposées : elles formeront l'atmosphère invisible du soleil. La nature de ces vapeurs sera d'ailleurs déterminée par celle des raies du spectre solaire.

Dès que la photosphère est considérée comme une enveloppe solide ou liquide, au pied de la lettre, il faut chercher hors d'elle la cause des taches, et c'est aussi ce que M. Kirchoff a fait. Il s'est trouvé conduit à reprendre l'idée première de Galilée, qui essaya tout d'abord d'expliquer les taches par l'interposition de nuages accidentellement formés dans l'atmosphère invisible du Soleil. Mais Galilée ne tarda pas à reconnaître et à démontrer l'erreur de sa conjecture. « Considérez, dit-il, deux taches voisines, séparées, lorsqu'elles sont près du centre du Soleil, par un intervalle lumineux un peu étroit. Si les taches étaient produites par des protubérances quelconques, ce filet de lumière diminuerait à mesure que les taches se rapprocheraient des bords, et ne tarderait pas à disparaître, parce que l'une des protubérances se projetterait sur lui et finirait par le masquer complétement. Or, l'observation montre que cet intervalle lumineux subsiste jusqu'au bord du disque, et ne diminue, en général, que dans la proportion exigée par la perspective.» Il y a deux siècles et demi que les astronomes contemplent et mesurent ces phénomènes sans trouver en défaut la remarque de Galilée.

Les taches solaires n'apparaissent que dans une large bande comprise entre 30 ou 35 degrés de latitude boréale et les degrés correspondants de latitude australe; encore faut-il en excepter une petite zone équatoriale de quelques degrés de largeur, où on les observe très-rarement. Elles sont donc en relation étroite avec la rotation du soleil, et ce point, qu'Herschel II a signalé le premier, ne doit pas être négligé dans la question. Les grosses planètes nous présentent des phénomènes analogues dans leurs bandes parallèles à l'équateur, et la Terre elle-même, vue de loin, offrirait sans doute quelque ressemblance avec cette disposition dans les zones soumises

(1) Voy. la conférence faite l'année dernière à la Sorbonne, par M. Le Verrier, dans le n° 22 de notre première année, p. 278.

Digitized by Google

au régime des vents alizés et des moussons. Or, en admettant que, sur le soleil comme sur nos planètes, les régions polaires soient moins chaudes que la zone équatoriale, il se produirait à travers son atmosphère, — toujours dans l'hypothèse d'un noyau central opaque, — des courants analogues à nos vents alizés, et par suite des tourbillons capables de déchirer la photosphère. Mais d'où pourrait provenir cette différence de température entre les pôles et l'équateur du soleil qui sert de base à l'hypothèse? On est obligé d'admettre ici qu'en vertu de la rotation du soleil sur lui-même, l'atmosphère invisible entourant la photosphère doit être aplatie aux pôles et renflée à l'équateur, ce qui occasionnerait vers les pôles un refroidissement beaucoup plus actif. Cette brillante hypothèse, due à sir John Herschel, est digne d'attention, parce qu'elle fait sortir le problème du domaine de la perspective pour l'introduire dans celui de la dynamique; mais elle pèche par sa base, car la rotation du soleil est trop lente pour déterminer dans cette amosphère un aplatissement sensible, et, d'un autre côté, si elle était exacte, les taches solaires, comme les nuages transportés par nos vents alisés, affecteraient une vitesse commune de translation dirigée des pôles vers l'équateur, résultat que les observations les plus récentes ne confirment pas du tout.

Il est encore une autre conception mécanique d'un caractère grandiose et qui se rattache aux idées modernes d'équivalence entre le travail et la chaleur. Mayer, puis M. Watterton, expliquent l'énorme provision de chaleur que contient le soleil par le choc de matière cosmique tombant incessamment sur lui de tous les points de l'espace avec l'énorme vitesse due à son attraction. Cette théorie, évidemment contredite par beaucoup de faits, aura eu du moins l'avantage de bien faire comprendre que les mouvements célestes sont un vaste réservoir d'énergie calorifique en puissance (et même en acte dans les phénomènes relatifs aux étoiles filantes et aux aérolithes). Toute grande masse pouvant être considérée comme résultant de l'agglomération successive de matériaux éparpillés dans l'espace, la destruction de la force vive de ces matériaux a dû développer une chaleur considérable, ce qui répond au fait le plus général de l'univers stellaire. Telle serait ainsi la chaleur d'origine de notre soleil, dont il est impossible de rendre compte par des actions chimiques ou électriques, et qui constitue le premier *à priori* de Laplace dans sa mémorable hypothèse cosmogonique. Les recherches entreprises dans cette voie ont définitivement banni de la science l'idée d'un noyau solaire opaque et froid, à laquelle presque tous les astronomes adhéraient encore il y a peu d'années.

Les éclipses peuvent évidemment nous révéler certains détails, extérieurs à la photosphère et invisibles pour nous dans d'autres circonstances; mais elles ne nous ont rien appris sur la photosphère elle-même, si ce n'est que les taches ne sont pas dues à des nuages, ce que nous savions déjà.

Les recherches sur la constitution des taches et leur rotation sont plus fécondes, puisqu'elles se rapportent directement à la photosphère, et M. Faye expose un certain nombre de travaux exécutés tout récemment dans ce sens. Quant aux facules dont la liaison avec les taches est depuis longtemps connue, les observations délicates de MM. Dawes et Secchi ont établi qu'elles se maintenaient au-dessus du niveau général de la photosphère, et il est même assez difficile, pour les partisans de la liquidité de la photosphère, d'expliquer comment des vagues de plus de 100 lieues de haut peuvent exister des jours entiers dans un océan liquide. Les taches sont fort souvent accompagnées de facules placées en général à leur gauche. M. Laugier avait montré, dès 1840, que les taches n'avaient pas toutes la même vitesse de rotation sur le globe du soleil, la durée complète de la rotation variant de vingt-quatre à vingt-six jours, et tout récemment, après huit ans de travaux assidus, dont M. Faye expose les résultats, M. Carrington est parvenu à établir par des chiffres que la durée de la rotation augmente avec la latitude d'une manière tellement régulière qu'on peut condenser dans une formule les résultats de cette continuité.

Après cet exposé historique de la question, M. Faye a développé assez longuement ses idées sur la constitution physique du soleil. Rien, dit-il, ne distingue notre soleil de la multitude d'étoiles qui brillent au ciel, et les astronomes admettent volontiers qu'il est une étoile de moyenne grandeur ayant une lumière à peu près blanche. Nous sommes donc en face d'un phénomène fort considérable sans doute pour nous, mais très-ordinaire dans l'univers étoilé; il convient donc aussi de parler de l'idée la plus simple et la plus applicable à la généralité des étoiles; cette idée, ce sera la dissémination primitive de la matière et sa réunion successive en vastes amas sous l'empire de l'attraction. De là, deux conséquences immédiates : 1° la destruction d'une énorme quantité de force vive remplacée par un énorme développement de chaleur; 2° un mouvement de rotation plus ou moins lent pour la masse entière. Le calcul de la chaleur d'origine, ainsi développée dans l'acte de formation du soleil, a été fait par M. Helmholtz, à l'aide de diverses suppositions plausibles sur les éléments numériques de la question. Ce calcul montre qu'il est aisé de rendre compte ainsi d'une durée de plusieurs millions d'années, tandis que les actions chimiques ne fourniraient pas à la dépense actuelle de chaleur depuis la moitié de la période historique (3000 ans). Cette chaleur interne, quand il s'agit d'une masse considérable, dépasse de beaucoup la température à laquelle les actions chimiques peuvent s'exercer. Mais le refroidissement s'opère bientôt et produit un équilibre calorifique particulier. En fait, la température superficielle du soleil n'atteint pas ce point de dissociation universelle; elle ne dépasse pas beaucoup celle que nous savons produire dans nos laboratoires, puisqu'on a calculé que la chaleur émise par le soleil n'était que de 15 à 45 fois supérieure à celle qui est engendrée dans le foyer d'une locomotive. Les forces moléculaires, — affinité et cohésion, — détruites dans la masse interne, commencent à reparaître à la surface; le jeu de ces forces donnera naissance à des précipitations, à des nuages de particules non gazeuses susceptibles d'incandescence, dont nos flammes brillantes nous offrent tant d'exemples. Bientôt ces particules, sollicitées par la gravité, gagneront en tombant les couches inférieures, où elles finiront par retrouver la température de dissociation, et seront remplacées, dans les couches superficielles, par des masses gazeuses ascendantes qui viendront y subir le même sort. L'équilibre général ne sera donc ainsi troublé que dans le sens vertical par un échange incessant de l'intérieur à la superficie, et comme la masse interne ainsi mise en rapport avec l'extérieur est énorme, on conçoit que l'émission superficielle, puisant incessamment dans le vaste réservoir de la chaleur centrale, constitue une phase de très-longue durée et d'une grande constance. La formation d'une photosphère lumineuse, limite apparente du

Digitized by Google

soleil, se déduit donc très-simplement de ces prémisses.

Les taches et les facules s'expliquent alors très-facilement. Dans cette agitation incessante, on comprend aisément que, là où les courants ascendants prendront plus d'intensité, la matière lumineuse de la photosphère soit momentanément dissipée. A travers cette sorte d'éclaircie, ce n'est pas le noyau solide, froid et noir du soleil que l'on apercevra, mais la masse gazeuse ambiante et interne, dont le pouvoir émissif, à la température de la plus vive incandescence, est presque nul relativement à celui des couches superficielles. Quant aux facules, ces rides lumineuses dont l'apparition fait présager, presque à coup sûr, la prochaine formation d'une tache, sont évidemment dues, comme les taches, aux courants ascendants. La photosphère n'est pas une surface de niveau dans le sens mathématique; c'est la limite générale à laquelle les courants ascendants portent, dans la masse fluide générale, les phénomènes physiques ou chimiques de l'incandescence. Mais bien que le phénomène dans son ensemble affecte une remarquable régularité, puisque la surface brillante nous apparaît parfaitement sphérique, on conçoit qu'un afflux local plus rapide puisse dépasser cette limite et porter un peu plus haut les nuages lumineux; leur mouvement doit donc être un peu en retard sur la zone correspondante de la photosphère; de là une tendance à se placer tout d'abord en arrière des taches, c'est-à-dire à gauche.

En dehors des époques cosmogoniques dont nous n'avons pas à nous occuper, dit M. Faye en terminant, il y a trois phases à considérer dans le refroidissement d'une masse fluide isolée dans l'espace, animée d'un mouvement de rotation, et portée à une température bien supérieure aux forces d'association physique et chimique des molécules et des atomes.

1° La phase de complète dissociation (nébuleuse?), où la chaleur va en décroissant du centre à la périphérie. Cet état est susceptible d'un équilibre particulier; le pouvoir émissif est très-faible; la lumière est purement superficielle, puisque celle des couches profondes peut être absorbée entièrement par les couches superficielles; le spectre est probablement réduit à de nombreuses raies brillantes séparées par de larges intervalles obscures.

2° Refroidissement des couches externes jusqu'au point où le jeu des affinités moléculaires devient possible. Formation d'une photosphère, espèce de laboratoire superficiel qui détermine les contours apparents de la masse. Pouvoir émissif considérable pour la chaleur et la lumière. La lumière émise vient d'une profondeur considérable de la photosphère. Le spectre de la phase précédente est interverti. La lumière n'est sensiblement polarisée sous aucun angle d'émergence.

L'énorme flux de chaleur émané de la photosphère est entretenu aux dépens de la masse entière par le jeu des courants ascendants et descendants qui s'établissent entre les couches profondes et la périphérie, courants impossibles vers la fin de la phase précédente. La deuxième phase doit donc occuper un laps de temps considérable et présenter dans les phénomènes une grande fixité.

Si la photosphère vient à se dissiper localement, la lumière et la chaleur émise se réduisent en ce point dans le rapport des pouvoirs émissifs de la photosphère à celui du milieu gazeux général.

Le mouvement de rotation ne s'exécute pas tout d'une pièce comme dans les masses fluides soumises aux lois de l'équilibre : la surface est en retard sur le mouvement de la masse entière sous l'antagonisme des forces qui troublent cet équilibre, les phénomènes superficiels peuvent revêtir les caractères de l'intermittence.

3° Lorsque par les progrès du refroidissement les courants verticaux commencent à se ralentir, la photosphère, devenue très-épaisse, prend à la surface une consistance liquide ou pâteuse, et finalement solide. Alors la communication avec la masse centrale est interceptée; le refroidissement de la masse centrale ne s'opère plus guère que par la simple conductibilité d'un liquide plus ou moins pâteux; celui de la croûte liquide ou solide fait des progrès rapides à la superficie; la rotation se régularise; les phénomènes des taches et des facules ont disparu, et la figure est celle qui convient à une masse fluide en équilibre sous l'action des forces intérieures. L'intensité de la radiation baisse rapidement; la lumière émise obliquement est fortement polarisée, le spectre précédent ne change pas essentiellement d'aspect, mais il ne présente plus que les raies noires dues à la couche atmosphérique, qui est désormais distincte du corps même de l'astre; le spectre des bords diffère notablement du spectre central par le nombre et la teinte des raies. Puis viennent les phénomènes de l'extinction définitive. C'est là la phase géologique.

Arrêtons-nous un instant au début de la troisième phase, c'est-à-dire à la période de liquidité. Cette période est purement transitoire; elle ne saurait avoir une longue durée, tandis que la deuxième phase, pendant laquelle presque toute la masse contribue à l'émission de lumière et de chaleur qui s'effectue par la photosphère, peut durer des millions d'années si la masse est considérable comme celle de notre soleil. Il paraît donc physiquement impossible que les étoiles, eussent-elles été formées au même instant, soient aujourd'hui parvenues toutes à la fois à cette période très-particulière de la liquidité, si voisine de l'extinction définitive. Dieu merci, la création entière n'est pas menacée d'une fin si prochaine.

---

Nous publierons dans notre prochain numéro la remarquable conférence que M. Gratiolet vient de faire à la Sorbonne sur la *physionomie*.

Les cours de la province et de l'étranger obtiendront désormais plus de place dans la *Revue*, et nous pouvons dès maintenant annoncer comme devant paraître très-prochainement des leçons de M. Moleschott (*Vie et lumière*), de M. Lecocq (*Géologie de l'Auvergne* et *Végétation du printemps*), etc.

Enfin nous continuerons à publier régulièrement et *in extenso* les cours de MM. Claude Bernard, Berthelot, Vulpian, Lacaze-Duthiers, Becquerel, Chatin, Riche, etc.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*Viennent de paraître :*

LA SCIENCE ET LES SAVANTS EN 1864, par M. VICTOR MEUNIER, rédacteur scientifique de l'*Opinion nationale*. 1re année, 1 vol. in-18 de 366 pages. 3 fr. 50

DICTIONNAIRE ANNUEL DES PROGRÈS DES SCIENCES ET INSTITUTIONS MÉDICALES, comprenant par ordre alphabétique de matières l'analyse de tous les travaux faits en France et à l'étranger pendant l'année, relatifs aux sciences médicales, par M. GARNIER, précédé d'une introduction par M. le docteur AMÉDÉE LATOUR. 1re année, 1864. 1 vol. in-18 de 500 pages. 5 fr.

PALÉONTOLOGIE STRATIGRAPHIQUE. — DE LA FAUNE QUATERNAIRE. Leçons professées au Muséum d'histoire naturelle pendant l'année 1864, par M. A. D'ARCHIAC (de l'Institut). 1 vol. in-8. 3 fr. 50

LES CONSULTATIONS DE MADAME DE SÉVIGNÉ. Étude médico-littéraire, par M. le docteur MÉNIÈRE. 1 vol. in-8 de 145 pages. 3 fr.

CLIMATOLOGIE DES STATIONS HIVERNALES DU MIDI DE LA FRANCE (Pau, Amélie-les-Bains, Hyères, Nice et Menton), par M. le docteur DE VALCOURT. 1 vol. in-8. 3 fr.

EXAMEN DE LA PHYSIQUE AU POINT DE VUE DE LA BIOLOGIE, par M. le docteur FERRAN. 1 vol. in-18. 2 fr.

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 10. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 4 FÉVRIER 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 11 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA VILLE DE RIOM. — **Géologie.** — Conférence de **M. Lecoq** : La géologie de l'Auvergne.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : VIII et IX. De l'absorption intestinale, et en particulier de l'absorption du curare par les voies digestives.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie.** — Cours de **M. Berthelot** : III. De l'alcool ordinaire (suite). Procédés d'analyse. — Les éthers.

HOPITAL DE LA CHARITÉ. — Conférences de M. le docteur **Remak** (de Berlin) : IV. Application du courant constant au traitement des névroses.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique.** — Cours de **M. Becquerel** : Des phénomènes capillaires.

**Bulletin des cours.** — Chimie organique : M. WURTZ.

---

Paris, 3 février 1865.

La seconde et dernière série des soirées scientifiques de la Sorbonne commence ce soir même. Voici l'ordre et le sujet de ces conférences, qui auront lieu, comme auparavant, tous les vendredis, et que nous publierons régulièrement :

3 février. — M. Pasteur (de l'Institut) : Des fermentations ou du rôle de quelques êtres microscopiques dans la nature.

10 février. — M. Bertrand (de l'Institut) : Newton ; sa vie et ses travaux.

17 février. — M. Trost : Le feu.

24 février. — M. Claude Bernard (de l'Institut) : Sur la physiologie du cœur.

3 mars. — M. Lissajoux : Des sons musicaux; production et audition.

10 mars. — M. Briot : Les nébuleuses.

17 mars. — M. Blanchard (de l'Institut) : De la production de la soie et de quelques autres matières textiles fournies par les animaux.

31 mars. — M. Riche : De l'air et de son rôle dans la nature.

Lundi dernier, M. Becquerel père a présenté à l'Académie des sciences un long mémoire contenant les résultats des observations météorologiques exécutées, depuis plusieurs années, sous sa direction, au Jardin des plantes. Ces observations ont eu pour objet les variations de la température depuis une profondeur de 37 mètres au-dessous du sol jusqu'à une élévation de 27 mètres au-dessus; elles ont été faites régulièrement à six heures et neuf heures du matin, trois heures et neuf heures du soir. M. Becquerel se servait d'un thermomètre électrique très-sensible, donnant jusqu'aux vingtièmes de degré, et il a constaté qu'à 16 et même 26 mètres au-dessous de la surface du sol, il se produisait des variations de température parallèles à celles qu'on observait dans l'air.

M. Delaunay a lu un mémoire sur le calcul des inégalités du cours de la Lune dues à l'action perturbatrice du Soleil.

M. Bussy a communiqué les résultats d'un travail sur l'action réciproque de la crème de tartre et du plâtre, ayant pour but de servir à l'étude des vins plâtrés qui vient d'être mise au concours par la Société d'agriculture. Le plâtrage des vins a pour but de rendre plus faciles leur conservation et leur transport. Cette opération est pratiquée depuis très-longtemps, et bien qu'on n'ait pas encore constaté d'accidents sérieux qui paraissent en être la conséquence, l'introduction de matières étrangères dans le vin mérite d'attirer l'attention des savants, aussi bien au point de vue de l'hygiène qu'au point de vue purement théorique.



Digitized by Google

Signalons encore un mémoire fort intéressant sur la culture de la vigne, qui présente les résultats de trente-cinq années d'observations suivies sur le croisement des cépages à jus incolore du midi de la France avec les cépages à jus coloré, ou *teinturiers*, qu'on rencontre surtout dans le centre. Ces travaux paraissent établir un fait très-intéressant, c'est que le pollen agirait non-seulement sur la graine, mais aussi sur le péricarpe. En effet, des cépages à jus incolore du Midi fécondés avec le pollen du *teinturier* auraient donné immédiatement des grains à jus coloré.

Un retard inattendu nous oblige à remettre au prochain numéro la publication de la conférence de M. Gratiolet *sur la physionomie*. Émile Alglave.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA VILLE DE RIOM.

### CONFÉRENCE DE M. HENRI LECOQ
(correspondant de l'Institut.)

### Géologie de l'Auvergne.

Messieurs,

On reproche quelquefois aux historiens de commencer leur récit avant le déluge; mais il faut bien accorder cette licence aux naturalistes, et surtout aux géologues.

L'histoire de la terre doit précéder celle de l'humanité; avant de placer l'homme sur le globe, Dieu voulait préparer et embellir son séjour.

En effet, messieurs, si nous cherchons à pénétrer les mystères de la formation première de la planète que nous habitons, l'analogie nous conduit à supposer qu'elle fut autrefois à l'état de nébuleuse. J'ai dit l'analogie, messieurs, car si, munis de puissants instruments, nous essayons de sonder les profondeurs du ciel, nous y découvrons des millions d'astres offrant à nos yeux des aspects différents, et nous apercevons à des distances considérables des corps entourés d'un léger brouillard qui nous renvoient à peine un peu de lumière diffuse.

Ainsi, par un seul de nos sens, par celui de la vue, nous assistons encore aux créations sans nombre qui s'opèrent dans l'espace. Nous avons une idée de l'immensité de l'univers en voyant les étoiles, ces soleils lointains, briller d'une lumière qui leur est propre et couvrir la voûte du ciel. Nous restons confondus devant ces nébuleuses plus éloignées encore, poussière d'étoiles et de mondes dont notre imagination ne peut comprendre ni le nombre ni l'éloignement. Mais je ne me laisserai pas entraîner à vous décrire les merveilles des cieux; un de mes savants collègues vous dévoilera, avec un talent et une précision que je ne saurais atteindre, les mouvements, les relations de tous ces corps célestes, dont l'étude a tant d'attrait pour nous; et, d'ailleurs, il est un point où la science doit s'arrêter. Si, comme on le dit, tout chemin mène à Rome, il est bien plus vrai que toute science conduit à Dieu.

Permettez-moi, messieurs, de m'en tenir à notre globe, pauvre planète perdue dans l'immensité, et dont l'étude est loin d'être complète.

Recherchons sur la terre les phases et les écarts de sa jeunesse, les phénomènes de l'état de stabilité où elle semble parvenue, et peut-être pourrons-nous déduire de ces faits quelques-unes des conséquences de l'avenir.

Des phénomènes que nous étudierons par la suite ne nous laissent aucun doute sur l'état vaporeux et chaotique du globe, ni sur l'état liquide qui l'a suivi.

La figure que j'ai l'honneur de vous présenter vous montre la terre encore nébuleuse dont le noyau se forme, et dont l'atmosphère immense s'étend au delà de l'orbite de la lune.

Le mouvement considérable qui s'est établi pendant la condensation de notre nébuleuse peut donner la raison de cette chaleur primitive que le globe terrestre conserve encore. Le mouvement de chaque molécule précipitée, arrêté tout à coup, s'est immédiatement transformé en chaleur, et la condensation elle-même devait aussi rendre libre une énorme quantité de calorique latent. Il ne faut donc pas s'étonner de la fusion primitive du globe. Elle n'est qu'une conséquence forcée de sa création, ainsi que l'accroissement de la densité avec la profondeur.

Je n'ignore pas, messieurs, que le célèbre Poisson a supposé une autre cause possible à l'augmentation de chaleur à mesure que l'on pénètre dans l'intérieur du globe. Notre terre aurait pu, entraînée comme tout notre système planétaire par le mouvement de translation du soleil, traverser dans l'espace des régions plus chaudes, et chercher maintenant à restituer par rayonnement à la partie plus froide de l'espace, où le soleil la conduit, l'excès de chaleur qu'elle a pu acquérir.

Il est vrai que nous ignorons la direction du mouvement solaire; on a bien supposé que notre monde était entraîné vers la constellation d'Hercule; on a présumé qu'un des centres des étoiles de la voie lactée pouvait se trouver vers le groupe des Pléiades; nous ne pouvons exprimer que des doutes. Il existe peut-être dans l'espace des astres plus volumineux que notre soleil, ne jouissant pas d'une lumière propre, et par conséquent invisibles pour nous. Qui sait même si ces astres divers, ou absorbant leur lumière, ne sont pas plus nombreux encore que ces étoiles brillantes, soleils lointains de l'univers !

L'hypothèse de la chaleur centrale et du centre de la terre encore incandescent nous rend mieux compte des phénomènes divers qui se sont succédé sur notre planète. Le soulèvement des montagnes, l'ignition des volcans, la thermalité des eaux, les frissons désastreux que nous désignons sous le nom de tremblements de terre, tout accuse l'incandescence du globe et le peu de stabi-

Digitized by Google

lité de sa surface. Ce n'est pas en Auvergne que l'on peut nier le feu central.

La terre n'a-t-elle pas été soumise, avant la consolidation de sa surface, à des marées terrestres qui s'accomplissaient, comme celles de l'océan, par l'attraction du soleil et de la lune? Ne devons-nous pas à cette cause astronomique ses premières rides et ses premières inégalités?

L'eau vaporisée pendant longtemps put enfin descendre sur la terre, pour s'évaporer de nouveau et se condenser encore, emportant ainsi dans l'espace un flux considérable de chaleur. C'est alors que commence cet éternel conflit de l'eau et du feu, dont l'étude constitue une des parties les plus importantes de la géologie.

A cette époque reculée, l'Europe était encore en grande partie plongée sous les eaux; un archipel considérable indiquait cependant sa position, et des îles nombreuses marquaient les points saillants qui, de nos jours, déterminent sa configuration et donnent naissance aux fleuves qui en descendent pour porter leurs flots à l'océan.

Des bras de mer, de vastes détroits ou des passes rétrécies, séparaient ces terres anguleuses aux rivages abrupts ou adoucis, sur lesquels les vagues venaient se briser en lames écumeuses ou s'étendre en nappes unies et oscillantes.

Aucun être vivant n'avait encore paru sur la terre désolée; Dieu tenait la vie suspendue sur notre globe, et attendait pour la répandre d'avoir achevé sa première création.

La physionomie de l'Europe était alors bien différente de ce qu'elle est aujourd'hui. Le vaste empire de Russie n'existait pas; toutes ces terres basses et sableuses qui constituent son sol étaient encore sous les eaux, et le continent européen était représenté par une île très-étendue, offrant près de trois fois la surface de la France telle qu'elle est actuellement. C'était la presqu'île scandinave et ces vastes terrains qui sont maintenant le domaine de la Suède, de la Norvége, de la Finlande et de la Laponie.

Ce continent avait déjà la forme d'un vaste fer à cheval irrégulier.

Un autre continent, presque aussi étendu que celui-ci, existait dans l'Europe orientale, dans les lieux occupés par les monts Balkans, en Turquie, et par cette pointe asiatique qui sépare la mer Noire de la Méditerranée, et où le détroit du Bosphore est venu plus tard s'interposer entre ces deux parties du vieux monde. Ces deux grandes îles marquaient alors les deux extrémités septentrionale et méridionale de l'Europe.

La première atteignait en latitude nord près du 72e parallèle et jusqu'au 56e au sud.

La seconde commençait vers le 44e parallèle nord et arrivait presque jusqu'au 35e vers le midi.

Un peu avant le 35e parallèle, se terminaient les derniers îlots appartenant à l'archipel qui nous occupe. C'était la partie la plus méridionale de l'Europe; mais au nord, bien au delà de cette île scandinave, qui pouvait déjà mériter le titre de continent, en comparant son étendue aux autres parties de l'archipel, il y avait encore la Nouvelle-Zemble, limite orientale de l'Europe, atteignant par sa pointe nord le 76e parallèle, et l'archipel du Spitzberg dépassant le 80e degré. C'est de toutes les terres connues la plus rapprochée du pôle.

Après ces points dominants de l'ancien archipel européen, viennent se placer un grand nombre d'îles, toutes situées entre les deux principales que nous avons indiquées, et inégalement distribuées à l'est et à l'ouest du méridien de Paris. L'Espagne et le Portugal formaient un groupe séparé et divisé en plusieurs îles assez étendues. La Corse, la Sardaigne et quelques parcelles de l'Italie en formaient un autre.

Le groupe britannique était composé d'îles assez remarquables, dont la principale constituait une partie de l'Écosse, et se liait par les Shetland aux terres du nord, tandis que la pointe de l'Angleterre, que l'on désigne sous le nom de Cornouailles, se rattachait à la Bretagne, alors isolée et complétement insulaire.

Enfin, quelques grandes îles, également accompagnées de leurs îlots, constituaient avec celle de la Bretagne tout le sol émergé de la France et de l'Allemagne.

Une de ces îles, plus étendue que toutes celles du même groupe, s'élevait dans la partie méridionale de l'Europe, placée à une certaine distance du centre de l'archipel, et rapprochée, d'un côté, de l'île de Bretagne.

Cette grande île, qui constitue un point de l'ancienne Europe et qui forme aujourd'hui l'Auvergne et tout le massif central de la France, est traversée par le 45e parallèle, et se trouve par conséquent à égale distance du pôle et de l'équateur. Elle s'étend, en latitude, du 47e parallèle au 44e, offrant ainsi deux caps primitifs qui se prolongent au nord et au midi.

Le méridien 0 de Paris vient également la couper, laissant cependant la plus grande partie à l'est de cette ligne.

Partout ailleurs, en Europe, c'était la mer dont les flots mobiles venaient successivement battre ces lointains rivages, transportant d'un point sur un autre des germes destinés à propager la vie et à favoriser cette dispersion primitive des espèces dont les traces nous échappent et sur laquelle la vie actuelle ne peut guère nous fournir d'indices.

Si le plateau central ne s'élève plus au-dessus des eaux, si comme autrefois il n'est plus battu par les vagues de la mer oolithique, il peut encore être considéré dans son ensemble, comme une grande île géologique, presque partout limitée par des terrains jurassiques ou par quelques dépôts plus anciens, appartenant au trias et au groupe carbonifère.

C'est pendant cette période insulaire de l'Europe que les houilles s'y déposaient avec les débris d'une végéta-

Digitized by Google

tion toute particulière. C'est alors que la nature amassait dans les anses, dans les lacs et les bas-fonds de cette grande île, des richesses minérales que l'industrie exploite aujourd'hui.

Au moyen des terrains sédimentaires, l'île centrale a été complétement reliée au sol de la France et de l'Espagne, dont l'ensemble a sans doute été soulevé pendant une longue suite de siècles.

Des sédiments plus modernes se formèrent ensuite dans les eaux douces, abondamment répandues sur le terrain primitif de l'Auvergne. C'était l'époque des grands lacs, des grands bassins remplis, comme le sont encore ceux de l'Amérique du Nord. Peu à peu les calcaires, abandonnés par ces eaux, ont exhaussé le fond des bassins, pendant que l'acide carbonique, qui arrivait au jour en dissolvant ces bases terreuses, comme cela se passe actuellement dans toutes nos sources minérales, se répandait dans l'atmosphère et devait concourir, par son abondance, à l'activité de cette ancienne végétation. Il fallait, du reste, une grande quantité de végétaux pour nourrir les nombreux mammifères herbivores qui habitaient l'Auvergne, depuis le rhinocéros et l'hippopotame jusqu'à ces légions de rongeurs et ces nombreux pachydermes contemporains de ces assises calcaires. Il n'est pas rare d'y rencontrer des os d'oiseaux, et surtout des œufs qui paraissent provenir d'espèces aquatiques. Enfin des débris de tortues, de crocodiles et de quelques autres reptiles, des mollusques d'eau douce, complètent, avec quelques restes de végétaux, la série des êtres organisés de cette curieuse époque.

La période tertiaire finissait, et quelques sources minérales déposaient encore leurs produits sur les bords de la Limagne, dans le bassin d'Aurillac et dans le creux du Puy, lorsque les premières éruptions volcaniques se manifestèrent, sans doute vers les contrées du Cantal, du mont Dore et du Mezenc.

Des coulées de trachyte s'épanchèrent sur le sol primordial, des matières pulvérulentes les accompagnèrent; et, à plusieurs reprises, les eaux entraînèrent les débris ponceux jusque sur le sol calcaire de la Limagne.

Bientôt cet ensemble de coulées, de tufs, de conglomérats ponceux remaniés par les eaux, fut disloqué par l'apparition de nombreux filons de même nature, qui ont brisé les terrains à travers lesquels ils sont sortis, et ont commencé l'œuvre de dégradation que le temps et les eaux ont si largement continuée dans nos massifs trachytiques.

L'ère trachytique paraît avoir été terminée par l'apparition des phonolites qui se montrent sur quelques points du Cantal et du mont Dore, et qui se sont développés sur une très-grande échelle dans la chaîne du Mezenc et aux environs d'Issingeaux.

Ces roches furent immédiatement suivies, et l'on peut dire aussi accompagnées, de l'épanchement de très-grandes nappes de basalte, dont plusieurs couvrent d'immenses espaces. En général, ces basaltes, caractérisés par la présence de l'olivine, comme les trachytes le sont par celle du feldspath, ont coulé tout autour des massifs de trachyte sous la forme d'une large ceinture, souvent interrompue par de profondes vallées; mais il est souvent difficile de reconnaître laquelle des deux roches, du trachyte ou du basalte, a posé la première pierre de l'édifice démantelé, dont les ruines attirent notre attention.

La volcanisation moderne, dernière période de ce vaste incendie, n'a fait qu'ajouter aux nombreuses inégalités du sol tous les cônes de scories de la chaîne des monts Dômes, des flancs du mont Dore et les longues séries de la Haute-Loire ou les pics isolés du Vivarais.

La conflagration devint générale : de grandes lueurs, d'immenses combustions, vinrent éclairer ces scènes d'horreur et de magnificence, dont l'homme déjà peut-être était témoin. La lave incandescente est sortie de cent cratères; elle a comblé des vallées, vaporisé des cours d'eau, et changé en déserts de pierres les sols fertiles qu'elle a fait disparaître.

Aujourd'hui, la végétation s'est emparée des ruines de l'incendie et les cache sous sa luxuriante verdure; nos vieux volcans ont subi le joug d'une couronne de fleurs; les forêts se sont étagées sur leurs pentes. Au lieu de scènes de désordre et de dévastation, les oiseaux chanteurs arrivant de l'exil viennent y célébrer leurs jeux et leurs amours. Et d'ailleurs, messieurs, où les oiseaux trouveraient-ils un asile plus beau, plus sûr que nos campagnes fleuries? Ne doivent-ils pas un hymne de reconnaissance à l'homme éminent (1) qui a porté leur défense jusqu'à la tribune du Sénat? Dieu aurait-il refusé à ces êtres charmants la mémoire du cœur, le meilleur peut-être de tous les sentiments?

Ce sont nos belles campagnes de l'Auvergne que nous allons parcourir dans nos futurs entretiens, heureux, messieurs, si je puis vous intéresser quelques instants, car j'ai aussi la mémoire du cœur. Je n'ai pas oublié la sympathie avec laquelle j'ai été accueilli en Auvergne, lorsque jeune et étranger j'arrivai tremblant parmi vous. Je n'ai pas oublié la confiance que la cour m'a témoignée en m'appelant si souvent dans cette enceinte, où j'ai l'honneur de parler, pour demander à la science le secret du crime ou la preuve de l'innocence (2).

N'est-ce pas ici, messieurs, que j'ai entendu, partant du point même où je me trouve (3) ou des rangs du barreau, ces modèles d'éloquence, de logique et de précision, dont les uns, hélas! ont déjà disparu de la scène du monde, tandis que d'autres en occupent noblement les sommités les plus élevées? A tous, à toute l'Au-

(1) M. le sénateur Bonjean, premier président de la cour impériale, auteur d'un rapport au Sénat sur les oiseaux utiles à l'agriculture (1861).

(2) M. Lecoq a été chargé longtemps comme chimiste des analyses médico-légales.

(3) Le banc du procureur général dans la grande salle des assises.

Digitized by Google

vergne, je dois de la reconnaissance; c'est une dette que je serai toujours disposé à acquitter.

H. Lecoq.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

### COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### VIII et IX.

**De l'absorption intestinale, et en particulier de l'absorption du curare par les voies digestives.**

Dans les dernières séances nous avons traité de l'absorption des poisons par le tissu cellulaire sous-cutané, et nous avons distingué d'un côté le passage de la substance du tissu cellulaire dans le sang, et de l'autre le passage de cette même substance du sang dans les éléments des organes à empoisonner. Ces considérations se rattachent à la distinction du milieu intérieur et du milieu extérieur, faite par M. Claude Bernard au commencement de ce cours, et qu'il croit aussi féconde que nouvelle; car l'être vivant, formant en quelque sorte un petit monde au milieu du grand, est constitué par des éléments organiques qui vivent en réalité dans un *milieu organique* qu'il importe absolument au médecin et au physiologiste de bien connaître.

Nous allons parler maintenant de l'absorption intestinale, bien plus complexe et plus variable à tous égards que l'absorption sous-cutanée. Ce point doit attirer tout spécialement notre attention ; car la première question qui se présente dans l'application d'un médicament, c'est son absorption, et malgré tout, les médecins auront toujours une grande tendance à faire prendre les médicaments par l'estomac. Nous devons donc chercher les conditions de l'absorption intestinale et l'étudier par l'expérience, car l'être vivant n'est après tout qu'un mécanisme, très-compliqué sans doute, mais enfin un véritable mécanisme, auquel il faut appliquer les procédés de l'analyse expérimentale si l'on veut arriver à une véritable science.

Dans nos études sur l'absorption intestinale, nous prendrons pour pivot l'innocuité du curare dans l'estomac et les intestins. Vous avez pu constater vous-mêmes cette circonstance dans l'expérience comparative qui a été faite ici tout récemment sur deux lapins. Celui à qui nous avons donné une forte proportion de curare par la bouche n'a pas ressenti le plus léger malaise, tandis que l'autre, qui l'avait reçu en beaucoup moindre quantité dans le tissu cellulaire sous-cutané est mort très-rapidement.

Les faits sont parfaitement connus; reste à savoir comment on pourra les expliquer. Ce n'est pas qu'on ne l'ait essayé déjà bien des fois; mais il ne suffit pas de donner des explications, ce qui est toujours facile, il faut encore prouver la réalité des explications que l'on donne. Nous allons donc passer en revue et critiquer expérimentalement les diverses explications proposées pour voir laquelle est la bonne, ou en exposer une nouvelle si aucune des anciennes ne nous paraît satisfaisante.

La première opinion émise pour expliquer l'innocuité du curare consistait à dire que ce poison était un poison animal, et que les poisons de ce genre qui agissent très-activement sous la peau sont inactifs dans l'estomac. On citait à ce propos le venin du serpent qui n'est pas toxique dans l'estomac au moins dans certaines conditions. On disait aussi que la morsure des animaux atteints de la rage communique cette maladie, tandis qu'on peut impunément sucer la plaie empoisonnée ou ingérer dans l'estomac la bave rabique. Cette théorie, que j'ai partagée moi-même au début de nos recherches, distinguait les effets toxiques en deux grandes classes : ceux des poisons animaux qui ne se produiraient pas dans l'estomac et ceux des autres poisons qui se produiraient indifféremment par toutes les voies d'absorption. Les conséquences de cette proposition appliquées au curare paraissaient donc très-logiques. Malheureusement la question n'est point là. Il ne s'agit pas de savoir si les conséquences de la proposition sont logiques, mais si la proposition qui lui sert de point d'appui est vraie. En effet, lorsque nous commettons une erreur ce n'est point parce que la logique nous a trompés, c'est parce que notre point de départ était mauvais.

Or, il n'est pas exact qu'on puisse poser en règle générale que les poisons animaux ne sont pas toxiques dans l'estomac : car le venin du crapaud par exemple, qui est certainement d'origine animale tue aussi bien dans le canal intestinal que sous la peau ; en employant des quantités suffisantes on peut même tuer ainsi de grands animaux. Sans doute, il y a des substances innocentes dans l'estomac et toxiques sous la peau puisque le curare est de ce genre; sans doute aussi certains poisons d'origine animale peuvent être dans ce cas, mais ils n'y sont pas tous, et dès lors cela suffit pour qu'on ne puisse pas expliquer l'innocuité dans l'estomac d'un poison très-actif sous la peau en disant qu'il est d'origine animale.

D'ailleurs cette autre proposition que le curare est un poison animal est-elle bien vraie elle-même? Voilà qui est fort douteux. Nous ne savons pas au juste quelle est sa constitution et les récits des voyageurs sont très-contradictoires. L'origine végétale du curare paraît cependant de beaucoup la plus probable, et si elle était définitivement établie, il en résulterait que les poisons végétaux eux aussi peuvent être inoffensifs dans l'estomac et mortels sous la peau.

La théorie que nous examinons s'écroule par la base. Mais si l'explication n'est pas bonne les faits n'en subsis-

(1) Voy. les nos 5, 7, 8 et 9.

Digitized by Google

tent pas moins et il faut les examiner de plus près. Or, nous avons déjà dit que l'innocuité du curare dans le canal intestinal n'était pas absolue, car certains animaux périssent assez rapidement lorsqu'ils en ingèrent une quantité assez considérable. En recherchant ce que ces animaux peuvent avoir de particulier, nous comprendrons peut-être mieux pourquoi l'empoisonnement se produit dans un cas et ne se produit pas dans l'autre.

Le curare ingéré dans l'estomac est inoffensif chez l'homme et en général chez tous les mammifères. Ainsi on a nourri pendant longtemps des lapins et des chiens avec des aliments fortement imprégnés de curare sans qu'ils aient paru en ressentir aucun malaise. Cependant ce n'est point là un fait absolument général, car Fontana et d'autres ont constaté que des cochons d'Inde ou des lapins pouvaient quelquefois être empoisonnés par le curare qu'ils avalaient. Il faut faire une distinction dans les résultats observés par Fontana et les autres, et dire pourquoi l'empoisonnement se produit dans un cas et ne se produit pas dans l'autre, sans cela ce seraient des observations empiriques. J'ai vu depuis longtemps déjà que l'effet toxique ne se produit pas par l'intestin quand l'animal est en état de digestion; tandis que lorsqu'il est à jeun l'empoisonnement se produit bien plus facilement.

Voilà un chien à jeun depuis plusieurs jours auquel nous donnons directement dans l'estomac, au moyen d'une canule de caoutchouc 2 décigrammes de curare dissous dans 10 grammes d'eau : c'est beaucoup plus qu'il n'en a fallu pour tuer un chien de même taille lorsque nous injections la substance dans le tissu cellulaire sous-cutané. Mais quand on opère dans le canal intestinal, lors même que l'animal est à jeun et que l'empoisonnement se produit il est toujours beaucoup plus lent et il exige une quantité de poison bien plus considérable. Notre chien qui a reçu à jeun ces 2 décigrammes de curare est empoisonné assez rapidement, et cependant un autre chien parfaitement semblable au premier, sauf qu'il est à l'état de digestion, et auquel nous donnons la même quantité de curare dans l'estomac n'en ressent aucun effet toxique. Puisque nous avons pris deux chiens, et deux chiens aussi comparables que possible, on ne peut expliquer la différence des effets produits par la différence des espèces, comme l'a essayé Fontana : force est donc bien de chercher la raison de ces différences dans la différence d'état du canal intestinal au point de vue de la digestion, seule circonstance qui varie d'un cas à l'autre.

J'ajouterai que chez les oiseaux le curare est toxique dans l'estomac, à jeun et même à l'état de digestion; mais il est plus difficile et plus lent à ce dernier état que lorsque l'animal est à jeun.

Voilà donc les faits bien précisés et nous pouvons maintenant raisonner sur eux : la discussion aura une base claire et bien posée.

Le curare se comporte dans le canal intestinal comme s'il était digéré avec les aliments. Serait-il donc modifié sous l'influence des sucs digestifs ou par suite de quelque autre circonstance? C'est ce que nous allons examiner.

Quant au suc gastrique, il est certain qu'il ne fait subir au curare aucune modification qui altère ses propriétés toxiques. En effet, M. Claude Bernard a souvent pratiqué sur des chiens des fistules stomacales artificielles, maintenant ces fistules à l'aide d'une canule d'argent pour pouvoir extraire à volonté du suc gastrique. Or, en recueillant ainsi le suc gastrique d'un chien qui avait ingéré du curare, on constata toujours que ce curare s'y trouvait encore à son état ordinaire, car ce suc gastrique injecté sous la peau était un poison pour tous les animaux, bien que le chien qui le portait dans son estomac n'en ressentit lui-même aucun effet funeste. Il est certain cependant, que le suc gastrique du chien lorsqu'il n'est mélangé d'aucune substance étrangère n'est pas toxique pour les autres animaux sur lesquels on opérait; et d'ailleurs ces animaux mouraient avec les symptômes du curare.

Comment donc se fait-il que le chien ne soit pas empoisonné par son suc gastrique? C'est que l'estomac où ce suc gastrique est placé n'absorbe pas suffisamment, et dès lors l'action du poison ne peut se manifester. C'est même là ce qui arrive très-souvent aux médicaments qu'on administre par l'estomac : ils ne sont pas absorbés ou ne le sont que dans des proportions insignifiantes, ce qui peut souvent faire tomber le médecin dans les plus grandes erreurs. Mais l'idée que nous avançons là ne serait qu'une hypothèse ou une explication arbitraire à laquelle on ne pourrait attribuer aucune valeur. Il faut donc prouver l'exactitude de cette explication, c'est-à-dire établir expérimentalement le fait qui lui sert de base, à savoir que l'estomac absorbe très-peu. Cela peut se démontrer en effet, et voici comment. La strychnine introduite dans le canal digestif s'y comporte comme un poison violent au moins à dose suffisante. Cependant, si en introduisant la substance à dose toxique dans le canal digestif, nous limitons l'absorption à la surface de la muqueuse stomacale par une forte ligature pratiquée au pylore, l'empoisonnement ne se produit pas; et cela tient si bien à la ligature du pylore que si l'on relâche cette ligature les effets toxiques se manifestent aussitôt. Ces expériences, dues à d'autres auteurs, ont été souvent répétées par M. Claude Bernard lui-même et leur résultat est certain. Mais il ne faudrait pas en conclure que l'estomac n'absorbe pas du tout. En général, quand un poison ne produit pas son effet toxique ordinaire, on ne doit pas se hâter d'en conclure qu'il n'est pas absorbé, car deux cas peuvent se présenter : ou bien il n'est pas absorbé du tout, ou bien s'il est absorbé, il ne l'est pas en quantité suffisante pour produire des effets toxiques. Cette seconde explication est celle qui convient pour l'estomac, car dans des expériences faites avec une substance très-facilement recon-

Digitized by Google

naissable dans l'urine, le prussiate de potasse, M. Claude Bernard eut occasion de constater plus d'une fois que le prussiate était absorbé lentement, il est vrai; mais enfin il l'était puisqu'on le retrouvait dans les urines.

Le curare n'étant pas modifié dans l'estomac, il passe donc dans les intestins avec ses propriétés toxiques, et là ces propriétés devraient se manifester. Cependant cela n'a pas lieu. Le curare subirait-il donc de la part de la bile ou du suc pancréatique une certaine action qui changerait sa nature? C'est ce qui reste à voir. Mais en admettant que cela ne se vérifie pas, on pourrait encore chercher à expliquer l'innocuité du curare par les propriétés des membranes organiques. En effet, les belles expériences de Graham sur la dialyse, qui sont appelées à éclairer bien des points de la physiologie restés jusqu'ici fort obscurs, ont amené ce savant à ranger les diverses substances de la nature en deux classes bien distinctes, les substances *cristalloïdes* et les substances *colloïdes*. Les premières, comme la strychnine (pour ne pas sortir de notre sujet), passent à travers le papier préparé qui forme la membrane du dialyseur; les substances colloïdes, au contraire, par exemple la gomme, la gélatine, etc., sont incapables de traverser le papier du dialyseur et en général une membrane organique quelconque. On pourrait donc émettre la pensée que le curare est une substance colloïde, c'est-à-dire qui ne dialyse pas, et l'on comprendrait alors parfaitement pourquoi elle ne serait pas absorbée dans l'intestin : car l'absorption consiste essentiellement dans un passage à travers les minces parois des vaisseaux capillaires qui ressemble tout à fait à la dialyse au moyen d'un mince membrane organique. Ce serait donc là une explication physique du phénomène, et M. Claude Bernard a voulu vérifier si elle était exacte. Mais ses expériences lui ont prouvé que le curare passait à travers les membranes comme une substance cristalloïde; c'est même là un moyen de séparer la matière active du curare d'un certain nombre d'impuretés qui l'altèrent toujours. Sans doute, on n'a pas encore obtenu le curare à l'état de cristaux, mais on y arrivera peut-être un jour; et ces expériences prouvent qu'on doit ranger ce corps parmi les substances cristalloïdes.

La question étant ainsi restreinte, il est évident que c'est dans le canal intestinal ou dans l'action des sucs intestinaux sur le curare que nous devons chercher les causes qui empêchent le curare de produire ses effets toxiques lorsqu'il est ingéré par la bouche.

Nous avons déjà dit combien il était difficile de régler l'absorption du curare par le canal intestinal. M. Claude Bernard tient à insister sur ce point parce que nous verrons cette difficulté se reproduire, quoique à un moindre degré, pour d'autres médicaments. C'est même là un des obstacles les plus considérables que rencontre la médecine, car on ne sait jamais au juste ce que peut devenir un médicament dans le canal intestinal.

M. Claude Bernard a déjà dit précédemment qu'il n'admettait pas qu'un poison qui tuait certains animaux n'atteignît pas aussi les autres, surtout quand ils appartiennent aux mêmes classes. C'est là une chose qui lui paraît impossible à comprendre physiologiquement, et qui cependant peut être vraie comme fait brut. M. Claude Bernard revient sur cette proposition parce qu'elle lui paraît fondamentale. En effet, si le point qu'il a émis — que les poisons portent leur action sur les éléments histologiques — est vrai, il en résulterait que ces différences d'action des poisons chez les divers animaux indiqueraient que chez eux les éléments histologiques diffèrent de propriétés et de nature, ce qui est absurde. Si le venin de la vipère ou celui du crapaud qui tuent rapidement une grenouille n'atteignaient aucunement la vipère ou le crapaud lui-même, il en résulterait que le système nerveux ou le système musculaire de la grenouille diffèrerait assez du système nerveux ou du système musculaire du crapaud pour que les poisons qui tuent l'un restent sans action sur l'autre. Heureusement, il n'en est pas ainsi, et il n'y a d'autres différences que des différences de degré. Les expériences comparatives faites par M. Claude Bernard ont montré que le crapaud et la vipère sont parfaitement empoisonnés par leur propre venin; il en faut davantage sans doute, surtout quand on opère en hiver, mais voilà tout, et le phénomène reste au fond parfaitement le même dans les deux cas. La grenouille est du reste très-sensible à l'action des poisons, comme on peut le voir, par exemple, avec *l'upas antiar*, poison qui agit spécialement sur le cœur comme le venin de crapaud; l'upas antiar agit aussi plus difficilement sur le crapaud. S'il était vrai que le venin du crapaud, très-toxique pour la grenouille, fût inoffensif pour le crapaud, toute base sérieuse manquerait à nos études, car un homme diffère évidemment beaucoup plus d'une grenouille que celle-ci d'un crapaud, et par conséquent toutes les expériences que nous faisons ici pour éclairer la physiologie de l'homme ne prouveraient rien pour l'homme. Or, nous démontrerons que les effets toxiques sont les mêmes chez les animaux et chez l'homme. On a dit aussi que le lapin pouvait impunément manger de la belladone; cela se peut comme fait brut; mais nous répèterons encore à ce propos ce que nous avons déjà dit plus haut, à savoir que ce ne sont pas les faits qui constituent la science, mais bien les explications qu'on donne des faits, et les idées que nous y attachons.

On peut citer aussi les ruminants qui ont toujours dans leur panse une grande quantité d'aliments, même après un jeûne prolongé pendant plusieurs jours. Il est vrai, du reste, que surtout chez les ruminants les poisons ingérés par la bouche sont toujours très-peu actifs parce qu'ils se mélangent dans la panse avec les aliments; cette panse a d'ailleurs une épithélium très-dur et très-peu absorbant, à peu près comme pourrait être celui d'une peau extérieure.

On peut de même, sans danger d'empoisonnement,

Digitized by Google

injecter des cyanures très-toxiques dans le tissu sous-cutané d'un cochon, c'est-à-dire dans le lard; ce tissu contient, en effet, très-peu de vaisseaux, et il est, par conséquent, fort peu absorbant. Mais, tout cela, ce ne sont que des faits isolés, qui s'expliquent par diverses considérations extrinsèques, en quelque sorte, en ce qu'elles modifient l'absorption des poisons. Mais le principe général, c'est que les éléments histologiques restent les mêmes, et conservent toutes leurs propriétés d'un bout à l'autre de la série animale, depuis l'huître jusqu'à l'homme : une fibre musculaire est toujours une fibre musculaire; un nerf est toujours un nerf, et les poisons qui le tuent chez certains animaux, doivent également le tuer chez les autres, sauf des différences de degré, mais non de nature.

Pour citer un dernier exemple, Fontana dit à propos du curare que cette substance empoisonne les cochons d'Inde auxquels on l'administre dans l'estomac contrairement à ce qu'il avait observé lui-même pour les autres animaux. C'est là un fait qu'il est impossible d'admettre, d'après tout ce que nous venons de dire. Il y a probablement une circonstance de digestion ou d'abstinence, qui aura trompé Fontana, et c'est ce qu'il est, par conséquent, nécessaire d'éclairer. Pour cela, nous allons répéter l'expérience de Fontana, en précisant toutes les conditions que nous venons d'indiquer. Voici deux cochons d'Inde, l'un à jeun depuis vingt-quatre heures, l'autre à l'état de digestion. Nous allons leur donner à tous deux la même quantité de curare dans l'estomac, et voir ce qui arrivera. M. Claude Bernard ne le sait pas lui-même, car il n'a pas encore fait cette expérience; seulement, il en prédit les résultats par analogie. On dit quelquefois que la science prédit les phénomènes futurs; cela est vrai, mais cela n'est pas exact de le dire. Ainsi la science ne prédit que ce qu'elle a observé et étudié; si nous prédisons et affirmons le cours des astres, c'est parce que nous les avons vus et observés pendant longtemps. Le médecin ne pourrait pas, au commencement d'une fièvre éruptive, prédire les phases diverses et l'évolution successive de la maladie, s'il ne l'avait vue très-souvent se développer sous ses yeux.

Le cochon d'Inde, qui était à jeun, meurt en effet, très-rapidement, et celui qui était en digestion ne meurt pas bien qu'il ait reçu tout autant de poison que l'autre et de la même manière. Voici encore à côté deux lapins qui ont reçu ce matin trois fois plus de curare par l'estomac et par le rectum, sans paraître pour cela en éprouver le moindre malaise. La circonstance de la digestion peut donc avoir une grande influence sur les résultats de l'absorption du curare dans l'intestin, et surtout chez les herbivores, car une des raisons qui expliquent l'innocuité du curare dans leur canal intestinal, c'est la présence constante d'aliments en quantité plus ou moins considérable dans leurs organes digestifs.

Pour en revenir à notre second cochon d'Inde, on peut voir qu'il ne manifeste encore aucun symptôme extraordinaire, bien que l'autre soit mort en très-peu de temps. Selon toute vraisemblance, celui-ci ne périra pas. L'expérience de Fontana est donc tout à la fois vraie et fausse, suivant les cas, ou plutôt suivant les conditions dans lesquelles on se place. L'animal meurt lorsqu'on lui administre le curare à jeun dans l'estomac, et que cet estomac est vide. Il échappe, au contraire, lorsqu'on lui fait prendre la même quantité de curare à l'état de digestion, et l'estomac étant garni d'aliments. C'est bien là le résultat que M. Claude Bernard s'attendait à obtenir en commençant l'expérience, parce qu'il avait déjà constaté des résultats analogues en opérant sur plusieurs autres animaux. On voit en même temps que toute contradiction a disparu à cet égard entre les cochons d'Inde et les autres animaux, et ceci nous montre qu'il ne suffit pas de constater exactement les faits pour arriver à de bonnes observations; il faut encore raisonner sur ces faits, et, quand ils nous paraissent contradictoires, chercher les conditions variables qui amènent un certain résultat dans un cas, et un résultat différent dans l'autre; car au fond de toutes ces variétés, il y a une loi constante.

Il semblera peut-être que nous faisons des digressions et que nous poursuivons des expériences dans tous les sens, et cependant nous ne perdons jamais de vue la question qui nous préoccupe, à savoir pourquoi le curare n'est pas toxique dans l'intestin de même qu'il l'est sous la peau. Comme nous le disions en commençant, on aura toujours une plus grande tendance à faire absorber les médicaments par le canal intestinal, et il faut bien dès lors essayer de fixer d'une manière précise les conditions de l'absorption intestinale.

Nous avons déjà procédé par élimination dans l'étude de cette question, et il nous a paru que l'estomac devait être éliminé, parce qu'il présentait une surface d'absorption trop peu considérable et trop peu active pour permettre au curare de passer dans le sang en quantité suffisante. Il faut aussi tenir compte de cette circonstance que pendant la digestion la muqueuse stomacale est à l'état de sécrétion, et qu'alors cette membrane absorbe beaucoup moins qu'à l'état de repos ou à jeun.

Restait donc à supposer que les sucs digestifs de l'intestin pourraient exercer une certaine action sur le curare, soit par exemple pour former avec lui une combinaison insoluble soit autrement. En essayant de vérifier cette hypothèse, M. Claude Bernard a rencontré des difficultés d'un ordre tout particulier, et qu'il est utile d'exposer ici. Le caractère de ce cours, ce sont des recherches communes faites en public, et par conséquent, il faut mettre tout le monde au courant des obstacles que rencontre chaque expérience. D'ailleurs les expériences qui n'aboutissent pas où on le voulait, ne sont jamais inutiles à notre instruction, et elles nous apprennent toujours quelque chose de nouveau.

Digitized by Google

Pour rechercher l'action des sucs intestinaux sur le curare, M. Claude Bernard avait fait manger à un chien une quantité notable de curare mêlé à la viande qui constituait sa nourriture. Dans ces conditions le poison était inoffensif pour le chien. Cinq ou six heures après l'animal fut sacrifié et l'on expérimenta sur les produits extraits de l'estomac, du duodénum, de l'intestin grêle, du gros intestin, de la vessie, etc. Les grenouilles auxquelles on injecta sous la peau ces différents liquides périrent sans exception, quoique le suc extrait de l'estomac parût plus actif que les autres. Mais les grenouilles sont tellement sensibles à l'action des poisons que les sucs digestifs des animaux supérieurs, même sans aucun mélange de matières étrangères toxiques, sont déjà mortels pour elles. D'ailleurs ces sucs qui s'altèrent facilement peuvent devenir des agents septiques, et l'on sait que tous les agents de ce genre exercent sur les grenouilles une influence fort considérable. Pour que les expériences aient une valeur démonstrative, il faudrait donc séparer le curare extrait des intestins de notre chien de toutes les matières qui sont mêlées avec lui, c'est-à-dire des sucs digestifs, et on ne peut obtenir cette séparation que par un seul moyen, la dialyse, ou le traitement par l'alcool. En effet, le curare est soluble dans l'alcool, et de plus nous avons vu que le curare dialysait à la manière des substances cristalloïdes, tandis que les matières des sucs intestinaux sont des substances colloïdes qui n'ont pas comme lui la propriété de traverser les membranes organiques. Nous continuerons donc nos expériences d'après ces vues.

Toutes les questions que nous examinons relativement à l'influence sur l'absorption intestinale des états d'abstinence ou de digestion sont évidemment très-importantes à élucider, car les médecins ordonnent d'ordinaire de prendre les médicaments avant ou après le repas, en un mot à un moment déterminé, et ils ne peuvent fonder leurs prescriptions que sur des observations purement empiriques. Il serait pourtant fort à désirer qu'on pût pleinement s'éclairer à cet égard, car la plupart des médicaments présentent sans doute comme le curare, quoique à des degrés très-divers, des différences d'absorption et partant d'effets, suivant les conditions d'abstinence ou de digestion dans lesquelles se trouvent les organes digestifs.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

### III.

**De l'alcool ordinaire (suite) : Procédés d'analyse. — Les éthers.**

Les résultats de l'analyse de l'alcool obtenus par Th. de Saussure conduisent à une conclusion remarquable, et qui fut signalée aussitôt par ce savant : quel que soit le gaz, ou le mélange de gaz, qui provient de la décomposition de l'alcool, le volume d'oxygène nécessaire pour le brûler est au volume d'acide carbonique produit comme 3 : 2. D'où il suit que la composition de ce gaz est équivalente à celle de l'hydrogène bicarboné $C^4H^4$, ou n'en diffère que par les éléments de l'eau.

Supposons en effet qu'une partie de l'alcool se décompose de la manière suivante :

$$C^2O^2 + C^2H^4 + H^2.$$

On aura par la combustion de 12 volumes de ce mélange, 8 volumes d'acide carbonique, cette combustion complète exigeant d'ailleurs 12 volumes d'oxygène.

De même avec les mélanges suivants, tous équivalents à la vapeur d'alcool :

$$C^4H^2 + H^2 + H^2O^2,$$

ou encore :

$$3C^2H^4 + C^2O^4,$$

on aura toujours le rapport de 2 à 3, entre l'acide carbonique produit et l'oxygène employé.

En un mot, cette relation reste constante, parce qu'il ne se forme pas de charbon en quantité sensible, et que le principal produit séparé des gaz par la condensation est de l'eau.

De Saussure, en rapprochant tous ces résultats, parvint à établir la composition centésimale de l'alcool d'une façon suffisamment exacte. Il reconnut que ce corps pouvait être représenté par du gaz oléfiant uni aux éléments de l'eau; mais il n'en fixa pas la formule, parce que, à l'époque à laquelle il opérait, la notion des équivalents n'avait encore été appliquée qu'aux corps de la chimie minérale. Voilà pourquoi l'équivalent de l'alcool ne fut établi que par Gay-Lussac. Ce chimiste appliqua, en 1815, à l'alcool la loi des volumes gazeux qu'il venait d'établir. Il détermina la densité de la vapeur de l'alcool et celle de la vapeur d'eau, et reconnut que l'alcool pouvait être représenté au moyen des éléments renfermés dans des volumes égaux d'hydrogène bicarboné et de vapeur d'eau, le tout ayant éprouvé une condensation de moitié :

| | |
|---|---|
| 1 vol. de $C^4H^4$ a pour densité.. | 0,978 |
| 1 vol. de vapeur d'eau..... | 0,625 |
| Somme..... | 1,603 |

Or, l'expérience directe indiquait pour la vapeur d'alcool une densité égale à 1.613; d'où, pour la formule de l'alcool :

$$C^4H^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2.$$

Cette formule fut vérifiée plus tard, et pour la dernière fois, par les analyses pondérales de M. Dumas.

Pour compléter les développements qui précèdent, il est nécessaire d'indiquer sommairement les perfection-

(1) Voy. les nos 4 et 6.

Digitized by Google

nements qui ont successivement été introduits dans les analyses organiques.

Les procédés qui ont été employés se réduisent à deux catégories : 1° analyses eudiométriques, ou par les volumes, dont il a déjà été question; 2° analyses pondérales fondées sur la transformation du carbone en acide carbonique et de l'hydrogène en eau. Cette dernière méthode, ébauchée par Lavoisier, ne prit une rigueur vraiment scientifique qu'entre les mains de Gay-Lussac et de Thenard.

L'appareil de ces chimistes, tel qu'il existe encore au Collége de France, consiste en un tube de verre vertical fermé inférieurement, et portant à la partie supérieure : 1° un petit entonnoir de cuivre, muni d'un tube à robinet, pour l'introduction des substances à analyser; 2° un tube latéral amenant sous une cloche à mercure les produits gazeux de la combustion. On faisait l'analyse de la manière suivante : la matière organique étant pesée et mêlée avec 10 fois son poids de chlorate de potasse, on transformait cette masse en boulettes dont la composition était rigoureusement connue; on commençait par faire tomber deux ou trois boulettes au fond du tube, et on les chauffait avec une lampe à alcool, en perdant ces premiers produits, afin de chasser l'air de l'appareil; cela fait, on en introduisait d'autres en nombre connu, et on recueillait ensuite les produits gazeux. Le volume de l'acide carbonique obtenu fournissait le poids du carbone. En déduisant du volume de l'oxygène que pouvait fournir le poids de chlorate de potasse employé, celui qui se retrouvait à la fin de l'analyse, on avait les données nécessaires pour calculer le poids de l'hydrogène.

Quelques années après, Berzelius entreprit l'étude des sels organiques. Il opérait à l'aide des sels de plomb, que l'on peut en général préparer à l'état anhydre avec une grande pureté; mais ses premières analyses faites par le bioxyde de plomb étaient inexactes, parce qu'une partie des éléments des sels organiques échappait à la combustion. Il eut alors l'heureuse idée d'opérer dans un tube horizontal, comme nous le faisons maintenant. Gay-Lussac, à son tour, remplaça l'oxyde puce par l'oxyde de cuivre, CuO, mais en recueillant toujours l'acide carbonique à l'état de gaz, ce qui n'est pas sans difficulté au point de la précision.

Bien que Guyton de Morveau eût déjà tenté de peser l'acide carbonique à l'état de carbonate, néanmoins cette dernière méthode ne fut introduite dans la science qu'à partir de Liebig, qui la généralisa par l'emploi de son tube à boules, contenant une dissolution concentrée de potasse caustique. Cependant c'est encore en se servant de l'ancien procédé, qu'il avait déjà perfectionné, que M. Dumas fit de nouveau l'analyse de l'alcool. Il y a plus : voulant doser directement l'oxygène, il employait un moyen qui est maintenant abandonné; il pesait l'oxyde de cuivre avant l'expérience, et déterminait ensuite par sa perte de poids la quantité d'oxygène ayant servi à la combustion.

### HISTOIRE DES ÉTHERS.

L'origine de la découverte des éthers est dans l'étude de l'action exercée par les acides sur l'alcool.

Les mélanges d'acides et d'alcool furent expérimentés d'abord par les alchimistes : ils observèrent que l'acide perdait une partie de sa force, qu'il était dulcifié, suivant leur expression. On peut s'en convaincre en traitant du sucre par un tel mélange et par de l'acide sulfurique : dans ce dernier cas seulement, le sucre est charbonné immédiatement.

Mais le résultat le plus remarquable auquel on arrive, c'est quand on soumet l'acide dulcifié à la distillation, suivant l'usage des anciens chimistes. En opérant sur un mélange d'acide sulfurique et d'alcool, ils obtinrent ainsi un liquide très-fluide et très-volatil, d'une odeur caractéristique, dont on attribue la découverte à Valerius Cordus (1540), et qui fut désigné d'abord sous le nom d'huile douce de vitriol, puis d'éther. La préparation de ce corps fut longtemps un secret; ce qui s'explique, parce qu'il ne prend naissance que dans des conditions très-déterminées. Au XVII^e siècle, Frendenius publia un procédé régulier de fabrication, et Rouelle puis Baumé le vulgarisèrent en recommandant d'employer un mélange, à poids égaux, d'alcool et d'huile de vitriol.

En distillant un tel mélange, Baumé, par exemple, obtenait un premier produit qui n'était autre chose que de l'esprit de vin très-déphlegmé; puis venait un deuxième produit formé par de l'éther. A la fin de l'opération, il passe un liquide verdâtre, formé en grande partie d'un corps huileux qui prit spécialement le nom d'huile douce de vitriol; enfin, dans la cornue, il reste un résidu charbonneux.

Ces diverses phases de l'opération suggèrent à Baumé et à Macquer l'explication suivante : L'esprit de vin diffère d'une huile quelconque par une quantité d'eau principe (envisagée comme élément) beaucoup plus grande : on l'en rapproche à mesure qu'on enlève cette eau, nécessaire d'ailleurs à l'existence propre de l'esprit de vin. L'acide vitriolique (sulfurique) agit par son affinité pour l'eau, commence par enlever à l'esprit de vin l'eau simplement mélangée, d'où la formation d'un esprit très-rectifié; puis l'acide s'empare d'une partie de l'eau essentielle de l'esprit de vin, d'où résulte la formation d'un corps plus subtil et plus voisin des huiles que l'alcool, c'est l'éther. Enfin l'huile qui distille à la fin de l'opération est un corps encore plus déshydraté, c'est-à-dire qui renferme moins d'eau principe que l'alcool et l'éther.

Remplaçons le mot huile par le mot carbure d'hydrogène, et vous verrez aussitôt que ces chimistes se formaient en définitive une idée assez nette de l'ensemble

Digitized by Google

de tous ces phénomènes. A cette époque, du reste, il n'était guère possible de donner une interprétation plus précise, puisque le corps qui marque véritablement la limite de ces déshydrations, l'hydrogène bicarboné, était encore inconnu, de même que la plupart des gaz.

Bientôt la chimie fit un pas décisif; on détermina la nature des éléments; Lavoisier établit la véritable théorie de la combustion. Il suffit dès lors de traduire les faits connus dans la théorie nouvelle pour reconnaître que l'éther était formé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Cependant la plupart des chimistes y faisaient entrer également les éléments de l'acide sulfurique, erreur qui semblait confirmée par ce fait, qu'en distillant de l'alcool avec d'autres acides que l'acide vitriolique, on avait obtenu des corps que l'on ne confondait pas complétement avec l'éther ordinaire, puisque ces produits différaient entre eux, soit par leur volatilité, soit par leur odeur. Il y a plus; Scheele, opérant sur le produit brut, vit qu'en brûlant l'éther sur l'eau, il se forme après la combustion un léger trouble par le chlorure de baryum. Ceci semblait justifier la définition de Berthollet : l'éther est une huile qui s'est séparée de l'alcool, et qui est combinée avec un excès d'hydrogène et une petite quantité de l'acide qui a servi à sa formation.

Ce n'est pas tout : on essaya d'appliquer à la chimie organique et à l'éthérification cette grande théorie de la combustion qui venait de renouveler la chimie minérale. Mais l'idée que dans la formation de l'éther il y aurait une sorte de combustion, jeta beaucoup de confusion sur la véritable formation de ce corps. Les expériences qui furent tentées alors semblaient confirmer cette manière de voir. Ainsi Berthollet, traitant l'alcool par le chlore, obtint d'abord des produits volatils et éthérés (ce sont notre aldéhyde et notre éther chlorhydrique), puis des produits huileux (ce sont le chloral et quelques autres substances chlorées). Il crut voir dans cette réaction une véritable combustion, le chlore étant considéré à cette époque comme un acide oxygéné. Scheele crut même démontrer le fait en chauffant dans une cornue un mélange d'acide sulfurique, d'alcool et de peroxyde de manganèse; il vit qu'il se manifestait dans ce cas une vive réaction, et crut à la formation de l'éther sous l'influence oxydante du peroxyde de manganèse : c'était en réalité la formation de l'aldéhyde, qu'il confondit avec l'éther.

Fourcroy et Vauquelin partagèrent cette opinion : ils recherchèrent l'origine de l'oxygène, qui semblait indispensable à la formation de l'éther, dans sa fabrication au moyen de l'alcool et de l'acide sulfurique. Ils crurent l'avoir trouvé dans l'acide sulfurique lui-même : une partie se changeait en acide sulfureux. S'attachant en même temps, au produit charbonné qui reste dans la cornue à la fin de l'expérience, ils pensèrent que l'éther était de l'alcool, plus de l'hydrogène et de l'oxygène : théorie assez confuse, et qui depuis a été confondue avec celle de la déshydratation. Quant à l'huile de vin, elle provenait, selon les mêmes chimistes, d'une oxydation plus profonde.

Ainsi l'oxygène était nécessaire pour changer l'alcool d'abord en éther, puis en huile; le rôle du chlore s'explique de même, et c'est ainsi, d'après Fourcroy, qu'il transforme le gaz oléfiant en huile, puis en matière cireuse (notre sesquichlorure de carbone).

Ces théories erronées eurent cours dans la science jusqu'à Théodore de Saussure. Il est utile de les connaître pour bien comprendre l'évolution progressive de la chimie organique; mais il faut les accueillir avec l'indulgence que méritent les premiers tâtonnements d'une science qui commence. Elles furent définitivement renversées par Gay-Lussac. — Dr Bourgoin.

---

## HOPITAL DE LA CHARITÉ.

## PHYSIQUE MÉDICALE.

### CONFÉRENCE DE M. REMAK (de Berlin).

### III.

### Sur l'application du courant constant au traitement des névroses (1).

Comme nous l'avons déjà prédit, la guérison de la paralysie du deltoïde que nous avons effectuée il y a quelques jours, ne s'est pas démentie depuis. Seulement, nous avons appliqué encore deux fois le courant constant sur le plexus brachial, et surtout sur les fibres contracturées du grand pectoral, qui gênaient encore la commodité des mouvements, et empêchaient le malade de reprendre ses occupations habituelles.

Cet exemple peut servir de type en cette espèce de paralysie, que j'appelle névritique, parce qu'elle dépend uniquement d'un gonflement de la gaîne des nerfs, et se combine facilement avec des névralgies, et même des anesthésies, si les fibres sensibles des troncs nerveux sont comprimées.

On comprend ainsi que la même cause morbide puisse produire, selon les circonstances, aussi bien une paralysie qu'une contracture, qu'une anesthésie ou qu'une hyperesthésie. Je distingue deux espèces de paralysie névritique : 1° la primaire, 2° la secondaire. La secondaire est celle qui se combine avec une inflammation, soit des articulations après fractures des os, soit d'autres organes plus profonds, tels que la matrice, les ovaires, les intestins, et même les poumons. Il serait trop long d'insister sur les différentes névroses de ce genre.

Quant à la paralysie névritique primaire, elle est causée par un refroidissement ou un tiraillement forcé des troncs nerveux. On l'observe sur les muscles de l'épaule,

---

(1) Voy. les nos 2 et 7. M. le docteur Remak a encore fait deux autres conférences sur le même sujet. L'ensemble de ces conférences doit être réuni en une brochure qui paraîtra très-prochainement à la librairie Germer Baillère.

Digitized by Google

tels que le grand dentelé, le rhomboïde, le deltoïde, etc. Dans ces divers cas, il n'y a pas seulement gonflement du plexus brachial, mais encore gonflement des rameaux nerveux qui se rendent aux muscles paralysés. On a cherché en vain, dans de pareilles circonstances, à rétablir la motricité des muscles paralysés, par application locale immédiate, soit du courant induit, soit même du courant constant; mais si on laisse agir le courant constant sur les nerfs gonflés, on observe, même dans les paralysies invétérées, que la contractilité perdue des muscles renaît, et que les mouvements volontaires reviennent.

Les photographies que je place sous vos yeux vous donneront une idée des effets de ce traitement. Voici deux hommes avec paralysie complète et ancienne du grand dentelé et du trapèze guéris parfaitement au bout de trois mois de traitement. Voici un sous-officier de notre marine qui, dans un naufrage, a été saisi d'une paralysie complète du deltoïde, du trapèze et du sterno-mastoïdien. Malgré une application du courant induit prolongée quatre mois, son état, loin de s'améliorer, s'est compliqué d'une névralgie du bras. Je l'ai traité pendant trois mois et guéri. C'était quatre ans après le début de sa maladie.

J'ai pu constater maintes fois, avec mes élèves, que le courant induit affaiblissait les forces du muscle paralysé, et que le courant constant, appliqué immédiatement après, les rétablissait instantanément.

On observe aussi des paralysies névritiques primaires et secondaires dans les membres inférieurs, surtout dans la région du nerf crural et du nerf sciatique. Mais nous ne pouvons insister sur cette espèce de paralysie, et nous passons à une autre espèce de paralysie périphérique, dont le traitement galvanique offre un intérêt particulier, parce que, dans ce cas, le grand sympathique sert d'intermédiaire à l'influence du courant.

L'hémiplégie faciale de la femme de vingt-quatre ans que je vous présente, offre un exemple de ce cas. Depuis sa jeunesse, cette femme souffre d'une otite du côté gauche, avec suppuration. C'était évidemment le symptôme d'une prédisposition à l'hémiplégie faciale, dont elle fut frappée subitement il y a trois mois. Entrée dans le service de M. Beau, elle y a été traitée par les moyens ordinaires; le courant induit n'a pas même déterminé une contraction des muscles paralysés. Tous les muscles de sa face sont affectés; elle ne peut ni fermer l'œil, ni froncer le sourcil; la bouche et même le bout du nez sont déviés du côté droit, surtout quand la malade parle, ou quand elle fait la moue. En soufflant, elle laisse passer l'air par une large ouverture du côté gauche de la bouche. Les muscles de la joue sont endurcis, et le muscle sterno-clido-mastoïdien est un peu raccourci, en sorte que le menton est tourné du côté droit.

Au-dessous du bord extérieur de ce muscle, nous rencontrons les cordons gonflés et endurcis, soit des nerfs, soit des ganglions lymphatiques. Du reste, tous les os de la face, surtout l'arcade zygomatique, sont tuméfiés visiblement, et même douloureux au toucher. Si nous appliquons le courant constant sur les muscles paralysés, nous voyons qu'ils ne se contractent pas, même avec un courant énergique, qui produit d'ailleurs une rougeur de la peau. Il n'y a pas non plus contraction, si le courant agit sur le tronc nerveux lui-même.

Mais une expérience antérieure m'a appris que si le courant agit pendant quelques minutes sur le grand sympathique du cou, et que si l'on examine ensuite les muscles de la face, on s'aperçoit que plusieurs de ces muscles, et quelquefois même tous, ont recouvré leur contractilité. Je fais cette expérience devant vous. Je laisse agir un courant descendant de 15 éléments le long des parties cervicales du grand sympathique, pendant trois minutes, et, en examinant de nouveau les muscles de la face, nous observons que le muscle zygomatique et la partie inférieure de l'orbiculaire se contractent sous l'influence du même courant, qui, auparavant, était sans effet. Vous voyez en même temps que l'excitation du tronc nerveux ne détermine pas cette contraction, et, par conséquent, que les muscles se trouvent à peu près dans le même état que les muscles d'une grenouille empoisonnée par le curare, qui, d'après la découverte de notre ami Cl. Bernard, sont excitables seulement par l'action électrique, mais non par l'action nerveuse. Je suis heureux que M. Cl. Bernard soit ici présent pour constater ce phénomène.

On comprend aussi que le rétablissement de la contractilité des muscles seuls n'est pas le rétablissement de la motricité volontaire. Tant que le tronc nerveux n'est pas excitable, c'est-à-dire tant qu'il n'est pas soumis à l'innervation, la motricité volontaire n'existe pas. Comment faire renaître cette excitabilité? Voici ce que j'ai découvert à cet égard. En faisant agir le courant constant sur le trajet de la partie vertébrale du grand sympathique, on parvient, après une application répétée de ce courant, à rétablir l'excitabilité du tronc nerveux, et par cela même à faire rentrer les muscles paralysés sous la domination de la volonté.

Pour expliquer ces phénomènes complexes, il se présente deux méthodes. La première, la plus simple en apparence et la plus probable, est celle qui consiste à supposer que l'application du courant sur la partie cervicale du grand sympathique produit une amélioration de la circulation dans les muscles de la face, attendu que nous savons, par les expériences de Brown-Séquard et de Stannius, qu'un afflux de sang artériel aux muscles, même à peu près mortifiés, leur rend leur contractilité. En suivant cette manière de voir, on peut expliquer aussi l'action du courant sur la partie vertébrale du grand sympathique.

Cette action améliore la circulation autour du tronc nerveux, dans le canal de Fallope, où il faut chercher la cause de la maladie, et même dans la fosse postérieure du crâne, sinon dans le pont de Varole lui-même. Pour

Digitized by Google

appuyer cette interprétation, il faut noter que le gonflement des os de la face disparaît avec le temps par ce traitement. D'autre part, je dirai que, d'après une série d'observations qui seront mentionnées à propos de l'atrophie musculaire progressive d'Aran, je suis disposé à croire qu'il existe, entre les fibres nerveuses du grand sympathique et les fibres cérébro-spinales, des communications directes, qui n'ont encore été constatées, ni par le microscope, ni par l'expérience physiologique. C'est l'effet de ces communications qui, probablement, apparaît ici d'une manière aussi étonnante (1).

Le cas dont je viens de faire l'histoire peut servir d'exemple, non-seulement pour l'hémiplégie faciale, mais pour beaucoup d'autres maladies paralytiques et spasmodiques, dont la cause consiste en un trouble de la circulation à la base du cerveau.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIQUE APPLIQUÉE A L'HISTOIRE NATURELLE (2).

COURS DE M. BECQUEREL

(de l'Institut).

### III.

### Des phénomènes capillaires.

On donne le nom d'action capillaire ou de capillarité, à l'action qui s'exerce au contact des solides et des liquides, lorsque ceux-ci mouillent les premiers. C'est un effet de ce genre qui est produit au contact du verre et de l'eau ou de l'alcool, et on doit le rapporter, comme nous l'avons dit précédemment, à l'attraction à de petites distances, c'est-à-dire à la force d'agrégation. Cette force agit quelquefois comme les affinités, puisque dans certains cas il en résulte des décompositions chimiques; c'est ce qui arrive lorsqu'on met du charbon dans une dissolution colorée de bois de campêche ou de tournesol: la liqueur est rapidement décolorée. Au reste, les rapports qu'a l'action capillaire avec les affinités sont incontestables, puisque comme ces dernières elle donne lieu à un dégagement de chaleur et d'électricité lorsqu'elle se manifeste.

*Chaleur dégagée dans les actions capillaires.* — Tout corps mouillé par un liquide dégage de la chaleur. Mais pour bien observer ce fait, il faut multiplier les surfaces des corps sur lesquels on expérimente, afin de rendre les effets plus sensibles. On y arrive facilement en les pulvérisant. On trouve sous ce rapport de grandes différences entre les corps; l'élévation de température peut varier de un quart de degré à 10 degrés. La température peut se mesurer au moyen de thermomètres ordinaires bien gradués, ou de préférence au moyen des appareils thermo-électriques. Il est indispensable d'opérer dans un lieu où la température soit peu exposée à de grandes variations de température, dans une cave, par exemple. Enfin les corps que l'on doit mettre en contact doivent être exactement tous deux à la même température, et de plus à la température ambiante.

Aussitôt qu'on a mélangé les deux corps, on plonge le thermomètre dans la masse et l'on observe alors que la colonne s'élève pendant trois ou quatre minutes, pour redescendre ensuite à la température du lieu dans lequel on opère. Lorsqu'on mélange de l'amidon et de l'eau, on observe une élévation de 9 degrés. On a expérimenté sur des corps solides et liquides de toutes espèces, et on en a tiré les résultats suivants : Pour les corps solides inorganiques, l'élévation de température produite au contact des liquides est généralement assez faible. De plus, elle est sensiblement la même pour les différents solides avec le même liquide, et pour le même solide avec différents liquides. Quand on opère avec l'huile, l'effet est un peu moindre qu'avec l'eau ou l'alcool. Pour les substances organiques, il est impossible d'établir aucun rapport; de plus, l'élévation de température est toujours assez considérable lorsqu'elles sont mouillées par un liquide. Les effets capillaires jouissent, comme nous l'avons dit plus haut, de la propriété de dégager de l'électricité en se manifestant. On met ce fait en évidence en plongeant dans de l'acide nitrique contenu dans une cuiller de platine et en relation avec un galvanomètre très-sensible, un morceau de mousse de platine également en rapport avec le galvanomètre au moyen d'un fil du même métal. Il se produit aussitôt un courant dirigé dans un sens tel que la mousse prend l'électricité négative; mais le courant est tout aussitôt suivi d'un courant en sens inverse dû à une polarisation. Revenons maintenant aux effets capillaires. Une masse d'eau qui n'est sollicitée que par la pesanteur, possède, comme chacun le sait, une surface horizontale; mais il n'en est pas toujours ainsi. Si l'on plonge une lame de verre dans de l'eau, de l'alcool ou même de l'huile, on voit que le liquide s'élève sur chaque face au-dessus de son niveau, en donnant lieu à deux ménisques concaves, tournant leur concavité au dehors. Si l'on remplace les liquides précédents par le mercure, qui ne mouille pas le verre, le liquide s'abaisse au contraire au-dessous de son niveau, en produisant deux ménisques tournant leur convexité en dehors. Il faut rapporter à la même cause l'élévation des liquides mouillants dans les tubes capillaires. C'est de là qu'est venu à ces phénomènes le nom de phénomènes capillaires. Pour bien les observer, il faut opérer avec des tubes parfaitement propres à leur intérieur, un peu de matière grasse empêchant le tube d'être mouillé par l'eau. L'eau s'élève à la même hauteur dans des tubes de même diamètre, mais de nature différente, pourvu que leurs parois internes soient mouillées. Si les diamètres sont différents, les hauteurs sont sensiblement en raison inverse de ces diamètres, d'après les calculs de Laplace ; mais il y a, comme nous le verrons plus loin, une légère correction à faire subir à cette loi, qui du reste ne se vérifie plus dans les tubes d'un grand diamètre. Cette loi subsiste également quand le liquide ne mouille pas le corps dont le tube est formé, pour le mercure et le verre, par exemple; seulement, dans ce cas, il faut avoir soin de prendre du mercure bien pur, c'est-à-dire ne contenant ni métaux étrangers, ni oxyde de mercure en dissolution, comme cela arrive d'après les expériences de Dulong, lorsqu'on fait bouillir longtemps le mercure au contact de l'air.

---

(1) L'effet indiqué d'avance s'est réalisé après un traitement de quinze jours. La contractilité des muscles de la face, et, jusqu'à un certain point, l'excitabilité du tronc nerveux, sont revenues; l'œil n'est plus larmoyant, et le gonflement des os a diminué. Arrivée à ce point, l'hémiplégie guérit d'elle-même.

(2) Voy. les nos 1 et 6.

Digitized by Google

Il résulte d'expériences nombreuses exécutées par Gay-Lussac, que pour un même liquide, les élévations sont en raison directe des densités. Enfin, l'épaisseur des tubes et la matière dont ils sont formés n'influent en rien sur les résultats, pourvu que les parois internes soient mouillées. On avait admis en principe, d'après les expériences de Laplace et de Gay-Lussac, que la hauteur était en raison inverse du diamètre des tubes, ou de l'écart des glaces parallèles, et que le liquide s'élevait moitié moins entre des glaces que dans des tubes d'un diamètre égal à leur écart. M. Simon a voulu vérifier ces lois, en opérant avec des tubes ayant des centièmes de millimètres de diamètre, et qu'il avait mesurés lui-même avec la plus grande exactitude. Les expériences l'ont conduit aux résultats suivants :

1° L'ascension est en raison inverse du diamètre, en ajoutant toutefois à la colonne d'eau une quantité qui décroît à mesure que l'on considère des tubes plus étroits.

2° La hauteur à laquelle s'élève le liquide entre des glaces parallèles, comparée à celle à laquelle il s'élève dans des tubes, au lieu d'être dans le rapport de 1:2 est dans le rapport de 1:3, ou mieux dans le rapport du diamètre à la circonférence.

3° Influence de la température. De zéro à 100 degrés, les hauteurs de la colonne dans le même tube sont sensiblement dans le rapport de 4 : 3.

4° Lorsqu'on soulève un disque horizontal en contact avec une surface d'eau, ce disque entraîne le liquide et le soulève jusqu'à une hauteur de 5 millimètres pour la température de zéro, et pour des diamètres ayant plus de 50 millimètres; mais pour des diamètres moindres, la hauteur du cylindre d'eau diminue d'autant plus que le diamètre du disque est plus petit. Pour expliquer les phénomènes capillaires, il faut avoir égard aux conditions suivantes : 1° *Au diamètre des tubes*; 2° *à la propriété dont jouissent les parois d'être mouillées ou non mouillées*; 3° *à l'action de la couche liquide adhérente à la paroi sur le liquide environnant*; 4° *à la figure du ménisque.*

*Explication.* — 1er *principe.* — Une masse liquide au repos est horizontale : le liquide exerce sur lui-même, indépendamment de la pesanteur, une action qui produirait une dépression sans l'impénétrabilité. 2° Si la surface est concave ou convexe, l'action du liquide sur lui-même est modifiée. Si la surface est concave, cette action est moins forte. Si elle est convexe, elle est plus forte que lorsqu'elle est plane. L'action du ménisque convexe tend à faire remonter les différents points du liquide, situés à une distance moindre que le rayon de la sphère d'activité; l'effet tend donc à faire mouvoir la colonne de bas en haut par la suppression du ménisque; la masse liquide terminée par le plan tangent à la surface convexe a pour but de faire descendre cette colonne en retranchant le ménisque. On pourrait appliquer le même raisonnement, mais en sens inverse, pour le cas où la sphère est concave. En employant un tube idéal, on démontre facilement l'ascension de l'eau dans un tube capillaire au-dessus du niveau, compensant la différence de pression par une augmentation de poids. Laplace a trouvé par le calcul que l'action du ménisque est en raison du diamètre du tube, et que l'élévation du liquide au-dessus du niveau était soumise à la même loi, toutefois avec une légère correction. La théorie explique aussi l'élévation de l'eau entre deux lames parallèles, et très-rapprochées l'une de l'autre; la surface terminale est une portion de cylindre creux. La section suivant un plan perpendiculaire aux faces est un arc de cercle, le même que dans un tube qui aurait un diamètre double de l'écartement des deux lames. Si les lames sont en contact par un de leurs côtés, l'eau s'élève inégalement dans l'espace angulaire compris entre les deux lames. L'élévation est d'autant plus grande, que l'on considère les points les plus rapprochés du sommet de l'angle. Les points extrêmes des colonnes forment une hyperbole équilatérale dont le calcul peut rendre facilement compte. Au moyen de la théorie de Laplace, on peut aussi expliquer le mouvement des liquides dans les tubes coniques, ou entre deux lames inclinées sous un petit angle, mais ne se touchant pas. Cette théorie permet encore d'expliquer certains phénomènes de mouvement qui sont dus à la capillarité. Si l'on met flotter sur un liquide deux petites boules de liége, par exemple, mouillées toutes deux par le liquide, on peut remarquer que lorsque la distance qui les sépare devient peu considérable, elles semblent attirées l'une vers l'autre, et se rapprochent d'elles-mêmes jusqu'à se toucher complétement. Le même fait arrive quand les deux boules ne sont pas mouillées par le liquide, ce que l'on obtient en employant deux boules de cire ou de liége recouvertes de noir de fumée. Mais quand l'une des boules est mouillée, et que l'autre ne l'est pas, l'action est tout à fait inverse : il y a répulsion manifeste. Tout le monde sait qu'on peut très-facilement faire flotter une aiguille sur l'eau, en ayant la précaution de l'enduire d'une couche mince de matière grasse qui l'empêche d'être mouillée par ce liquide. Enfin, si les insectes qui glissent à la surface de l'eau n'étaient pas enduits d'une matière particulière, ils seraient submergés. Tous ces faits reçoivent leur explication dans la théorie des actions capillaires.

Nous allons examiner quels sont les effets produits dans une colonne liquide capillaire, composée d'index liquides successifs séparés par des bulles d'air; soit un tube capillaire horizontal ouvert à ses deux extrémités, dans lequel on introduit un certain nombre de petits index égaux de liquide, séparés par des bulles d'air. Si l'on exerce à une de ses extrémités une pression progressivement croissante, tant qu'elle est inférieure à celle d'une colonne d'eau de 50 millimètres, il n'y a aucun effet produit; pour une pression de 50 millimètres, le premier index s'avance un peu, et comprime la première bulle d'air, qui diminue de longueur. Ce mouvement se communique au second index, au moment où la pression est devenue égale à 100 millimètres, et ainsi de suite. On voit que chaque index oppose ainsi une certaine résistance à la pression. Un effet inverse a lieu lorsque, au lieu d'exercer une pression à l'une des extrémités, on raréfie progressivement l'air : on voit d'abord la première bulle d'air augmenter de volume, et les autres restent invariables; mais l'effet se continue à mesure que l'air se trouve de plus en plus raréfié.

On a trouvé que pour un même tube la résistance est indépendante de la longueur des index, mais qu'elle augmente beaucoup, quand les bulles deviennent de plus en plus petites. Avec le mercure, les effets produits sont plus énergiques et plus perceptibles.

Supposons maintenant un chapelet vertical d'index d'eau et de bulles d'air dans un tube capillaire tenu verticalement, et examinons à quelles conditions les index successifs pourront monter ou descendre, en supposant que la résistance limitée de chacun d'eux soit égale à 50 millimètres. L'index inférieur, étant pesant, exerce une pression égale à sa lon-

Digitized by Google

gueur dans le tube : il devient plus concave à son sommet qu'à sa base, et il oppose, en sens inverse de la pesanteur, une résistance qui peut croître jusqu'à devenir égale à 50 millimètres. Or, comme le même effet a lieu sur chaque index, on voit que le chapelet opposera une résistance totale qui pourra atteindre une valeur égale au produit de 50 millimètres par le nombre des index.

Il peut arriver trois cas, suivant que la longueur des index est supérieure, égale ou inférieure à 50 millimètres. Dans le premier, chaque index produit de haut en bas une pression égale à sa longueur, et de bas en haut une résistance limitée qui est moindre ; il doit donc se mettre en mouvement, ainsi que tous les autres, et la colonne tout entière descend spontanément et lentement ; dans les deux autres cas, la colonne liquide se soutient d'elle-même sous l'influence des actions capillaires, et n'obéit plus à la pesanteur.

*Capillarité dans les corps poreux.* — Les propriétés de ces substances se résument dans l'expérience suivante : On prend un bloc de craie, par exemple, du volume d'un litre environ, et bien desséché ; puis on pratique dans son intérieur un trou cylindrique allant jusqu'à son centre, et dans ce trou on scelle solidement une des branches d'un tube doublement recourbé sur lui-même, et dans la courbure duquel on a mis un peu de mercure. L'autre branche est fermée, et renferme de l'air ; elle sert de manomètre pour mesurer la pression exercée sur l'air contenu dans la branche ouverte, et scellée dans le bloc de craie. L'appareil ainsi disposé, on plonge la craie dans l'eau, ce liquide pénètre dans son intérieur par capillarité, et chasse l'air devant lui. Cet air s'accumule dans la cavité centrale, et fait monter le mercure dans la branche servant de manomètre ; cette branche étant préalablement divisée avec soin en parties d'égale longueur, on peut aisément mesurer la pression produite par la rentrée de l'eau dans les pores de la craie. On l'a trouvée égale à trois atmosphère avec la craie. On a trouvé cinq atmosphères avec une pierre lithographique ; trois et demie avec le blanc d'Espagne, six avec l'amidon ; avec le marbre, aucun effet ne s'est produit. On a expérimenté aussi avec des vases poreux. C'est à M. Jamin que l'on doit la connaissance de ces faits intéressants.

D'après ce qui précède, il faut rapporter à la capillarité l'action absorbante que les corps poreux exercent sur les liquides et les gaz. Les pores, en effet, sont des espaces capillaires, et comme ils communiquent les uns avec les autres, on conçoit comment, dans les corps poreux, l'ascension du liquide ou du gaz se manifeste dans tout le corps. L'intensité de l'action absorbante dépend de la grandeur et de la forme des pores, de l'attraction qu'ils exercent sur l'air qui les remplit, de l'action du corps sur le liquide et de celle du liquide sur lui-même ; cette action est donc très-complexe. Les corps poreux n'exercent un pouvoir absorbant qu'autant que les pores ne dépassent pas certaines dimensions ; c'est ce qui arrive pour les tubes capillaires. Des calcaires à tissu lâche, tels que ceux des environs de Paris, se laissent imbiber très-facilement, tandis que les calcaires compactes, comme le marbre, le spath d'Islande, sont privés de cette faculté. Néanmoins, soumis à une forte pression, ils obéissent aux lois de la capillarité. Nous citerons à ce sujet des exemple frappants. L'expérience des académiciens de Florence, qui ont soumis à une pression considérable une sphère d'or remplie d'eau ; l'eau put s'échapper sous forme de rosée, à travers les pores de ce métal. On injecte de l'huile siccative au moyen de la presse hydraulique, dans les tuyaux de fonte, pour les préserver de l'action corrosive des eaux acidulées ; les tissus organiques sont très-poreux, et chacun sait que les cordes faites avec les fibres végétales s'allongent quand elles ont été mouillées.

Dans certaines circonstances, les phénomènes d'absorption produisent des actions chimiques dont nous donnerons un certain nombre d'exemples qui ne seront pas sans intérêt. La propriété gélive que possèdent certains calcaires est due à ce que l'eau absorbée, augmentant de volume par l'effet de la gelée, les fait éclater. Cette propriété est mise à profit dans l'emploi de certains calcaires, et en particulier de la marne en agriculture. La craie et les calcaires compactes, qui ne la possèdent pas, sont impropres à cet usage. Quand certaines substances poreuses : argiles, calcaires, etc., absorbent en raison même de leur porosité, des liquides qui tiennent en dissolution certains sels métalliques ; s'il survient une évaporation lente de l'eau, ces substances restent imprégnées des sels dont les eaux étaient chargées. On peut de cette manière expliquer divers phénomènes géologiques dont nous allons parler. Souvent les infiltrations d'eaux chargées d'air et de gaz acide carbonique à travers certaines roches, peuvent amener leur décomposition, surtout si ces roches sont à base de chaux ou renferment des sulfures métalliques. Les calcaires à tissu lâche des environs de Paris sont dans ce cas ; non-seulement ils éclatent en hiver, quand ils sont imbibés d'eau, mais encore les eaux leur enlèvent chaque jour de petites quantités de carbonate de chaux, qu'elles déposent par la suite, et dans quelques cas à l'état de stalactites. Si une source d'eau contenant du carbonate de chaux et de l'oxyde de fer, à la faveur d'un excès d'acide carbonique, vient à traverser lentement par imbibition des lits de sable ou de petit gravier, il se forme avec le temps dans les interstices un dépôt d'oxyde de fer et de carbonate de chaux qui cimente entre eux les différents grains de quartz. C'est ainsi que les grès se sont formés.

Les pétrifications s'expliquent très-bien de la même manière. Les morceaux de bois et autres substances organiques que l'on trouve changés en carbonate de chaux, en silice et même en oxyde de fer, ont éprouvé ces métamorphoses par suite de l'action lente de liquides tenant en dissolution ces diverses substances. Les composés minéraux ont ainsi remplacé successivement les diverses molécules organiques à mesure qu'elles se détruisaient. On peut démontrer ce fait par une expérience très-simple, et qui consiste à calciner un copeau de bois que l'on a primitivement imprégné d'une dissolution concentrée de sulfate de fer ; la matière organique est détruite, le sulfate est décomposé, et il reste une cendre formée par de l'oxyde de fer ayant conservé exactement la forme primitive du copeau.

Les dendrites ou arborisations de peroxyde de manganèse, que l'on rencontre souvent dans l'intérieur des masses argileuses ou calcaires, sont dues aussi à l'infiltration dans les fissures de liquides chargés d'oxyde de manganèse. C'est à la perméabilité que prend l'argile, après avoir été soumise à une température élevée, qu'il faut rapporter l'emploi de cette substance pour la fabrication des alcarazas. C'est aussi à la capillarité qu'il faut attribuer les efflorescences salines que l'on rencontre dans les vastes plaines de l'Afrique et de l'Asie. Les lacs salés d'Égypte s'expliquent de la même façon.

Digitized by Google

On est porté à croire que les grandes nappes d'eau souterraines sont mises en communication avec la surface du sol, dans certaines contrées, par l'intermédiaire des sables, des argiles et des substances perméables à l'eau; ces eaux, par un effet de la capillarité, montent successivement à la surface, en se chargeant des sels qu'elles rencontrent, et viennent ensuite les abandonner dans le sol, par suite de l'évaporation.

C'est en se basant sur ces phénomènes de la capillarité que M. Becquerel est parvenu à produire de toutes pièces certaines substances minérales naturelles, par exemple la malachite. La malachite est un carbonate de cuivre bibasique. Sa composition peut être représentée par la formule suivante : $(CuO)^2, CO^2,2HO$. M. Becquerel a pris pour y arriver du calcaire grossier, et l'a plongé dans une dissolution d'azotate de cuivre. Il y a eu d'abord imbibition de la liqueur dans le calcaire, puis réaction chimique et formation de sous-nitrate de cuivre, qui a cristallisé au sein même de la masse calcaire; la formule expliquant cette réaction est la suivante :

$$CaO,CO^2 + 2(CuO,AzO^5) = (CuO)^2,AzO^5 + CaO,AZO^5 + CO^2.$$

Pour transformer ce corps en malachite, il suffit de le plonger dans une dissolution de bicarbonate de soude. Il y a en ce cas formation d'azotate de soude et de carbonate de cuivre :

$$2CuO,AzO^5 + NaO.2CO^2 = 2(CuO.CO)^2 + NaO,AzO^5.$$

M. Becquerel a appliqué ce procédé à beaucoup d'autres substances. C'est ainsi qu'en plongeant dans diverses solutions métalliques de l'hydrophane artificielle obtenue par la précipitation de la silice hydratée au moyen de l'électricité, il a pu obtenir de la silice colorée par les différents métaux employés, et qu'il suffit de chauffer assez fort pour lui donner une dureté considérable, et lui permettre de rayer le verre.

Armand Descamps, pharmacien.

## BULLETIN DES COURS.

Faculté de médecine. — *Chimie organique :* M. Wurtz.

I. — 10 novembre 1864. — Chimie organique. Composition générale des substances organiques.

II. — 12 novembre. — Analyse organique. Dosage du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène.

III. — 15 novembre. — Dosage de l'azote, du chlore, de l'iode, du brome et du soufre. Détermination du poids moléculaire des substances organiques. Formules.

IV. — 17 novembre. — Détermination des densités de vapeur, considérées comme moyen d'établir les formules moléculaires. Formules empiriques. Formules rationnelles. Cyanogène $C^2Az$ ou Cy.

V. — 9 novembre. — Acide cyanhydrique $\left\{\begin{matrix}C^2Az\\H\end{matrix}\right\}$. Cyanure de potassium $\left\{\begin{matrix}C^2Az\\K\end{matrix}\right\}$. Leur action sur l'économie.

VI. — 22 novembre. — Cyanure de mercure $\left\{\begin{matrix}C^2Az\\Hg\end{matrix}\right\}$. Cyanure d'argent $\left\{\begin{matrix}C^2Az\\Ag\end{matrix}\right\}$. Polycyanures. Ferrocyanure et ferricyanure de potassium.

VII. — 24 novembre. — Acide cyanique $\left\{\begin{matrix}Cy\\H\end{matrix}\right\}O^2$. Cyanate de potasse. Cyamélide. Urée $\left\{\begin{matrix}C^2O^2\\H^2\\H^2\end{matrix}\right\}Az^2$.

VIII. — 26 novembre. — Urée (suite). Nitrate d'urée. Urées composées. Chlorures et iodures de cyanogène.

IX. — 29 novembre. — Alcool $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\H\end{matrix}\right\}O^2$, sa formation, sa purification. Action des réactifs oxydants. Fulminate de mercure.

X. — 1er décembre. — Action de l'acide sulfurique sur l'alcool : 1° Éthylène $C^4H^4$; chlorure d'éthylène $\left\{\begin{matrix}C^4H^4\\Cl^2\end{matrix}\right\}$. 2° Acide sulfovinique $\left\{\begin{matrix}S^2O^4\\H\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^4$. 3° Éther ou oxyde d'éthyle $C^4H^5O$. Action sur l'organisme. Théorie de l'éthérification.

XI. — 3 décembre. — Éthers simples. Éther chlorhydrique ou chlorure d'éthyle $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\Cl\end{matrix}\right\}$. Éther iodhydrique ou iodure d'éthyle $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\I\end{matrix}\right\}$.

XII. — 6 décembre. — Suite de l'iodure d'éthyle. Cyanure d'éthyle en éther cyanhydrique $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\Cy\end{matrix}\right\}$. Éthers composés. Éther nitreux ou nitrite d'éthyle $\left\{\begin{matrix}AzO^2\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^2$. Éther nitrique ou nitrate d'éthyle $\left\{\begin{matrix}AzO^4\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^2$.

XIII. — 8 décembre. — Éther cyanique $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\C^2Az\end{matrix}\right\}O^2$. Éther cyanurique. Esprit de bois ou alcool méthylique $\left\{\begin{matrix}C^2H^3\\H\end{matrix}\right\}O^2$. Oxyde de méthyle $C^2H^3O$. Chlorure de méthyle $C^2H^3Cl$. Chloroforme $C^2HCl^3$. Son action sur l'économie.

XIV. — 10 décembre. — Alcool amylique $\left\{\begin{matrix}C^{10}H^{11}\\H\end{matrix}\right\}O^2$. Alcool butylique $\left\{\begin{matrix}C^8H^9\\H\end{matrix}\right\}O^2$. Alcool propylique $\left\{\begin{matrix}C^6H^7\\H\end{matrix}\right\}O^2$. Amylène $C^{10}H^{10}$. Éthal. Cires. Emploi.

XV. — 13 décembre. — Alcool caprylique $\left\{\begin{matrix}C^{16}H^{17}\\H\end{matrix}\right\}O^2$. Alcool allylique $\left\{\begin{matrix}C^6H^4\\H\end{matrix}\right\}O^2$. Essences de moutarde, d'ail, etc. Emploi.

XVI. — 15 décembre. — Ammoniaques composées. Aniline $\left\{\begin{matrix}C^{12}H^5\\C^{12}H^5\\H^2\end{matrix}\right\}Az^2$. Éthylamine $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\H\\H\end{matrix}\right\}Az$. Diéthylamine $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\C^4H^5\\H\end{matrix}\right\}Az$, et méthylamine $\left\{\begin{matrix}C^2H^3\\H\\H\end{matrix}\right\}Az$.

XVII. — 17 décembre. — Triéthyphosphine $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\C^4H^5\\C^4H^5\end{matrix}\right\}Ph$. Cacodyle. Zincéthyle $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\C^4H^5\end{matrix}\right\}Zz^2$. Mercuréthyle.

XVIII. — 20 décembre. — Acide formique $\left\{\begin{matrix}C^2HO^2\\H\end{matrix}\right\}O^2$. Aldéhyde ou hydrure d'acétyle $\left\{\begin{matrix}C^4H^3O^2\\H\end{matrix}\right\}$.

XIX. — 22 décembre. — Acide acétique $\left\{\begin{matrix}C^4H^3O^2\\H\end{matrix}\right\}O^2$. Acétates de potasse, d'ammoniaque, de soude, de cuivre, de plomb. Applications thérapeutiques. Éther acétique.

*Sommaire de la Revue des cours littéraires du 4 février 1865.*

École des beaux-arts. Esthétique. Cours de M. *H. Taine :* Leçon d'ouverture; l'œuvre d'art. — Collége de France. Littérature du moyen âge. Cours de M. *Paulin Paris :* L'enseignement officiel et l'enseignement populaire au moyen âge; le livre des Sept sages. — Droit civil. Cours de M. *Valette :* Des aliments. — Bulletin des cours.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 11. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 11 FÉVRIER 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

Six mois..... Paris, 15 fr. Départ., 18 fr. Étranger, 20 fr.
Un an..... — 26 — 30 — 35

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Histoire naturelle.** — Conférence de **M. Gratiolet** : De la physionomie.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : X, XI et XII. De l'absorption intestinale (suite). — Pourquoi le curare n'est pas toxique dans le canal intestinal. — Expériences inédites de M. Claude Bernard.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Physique.** — Conférence de **M. Jamin** : De l'aimant.

AVIS. — L'étendue exceptionnelle de la conférence de M. Gratiolet nous détermine à donner aujourd'hui, sans augmentation de prix, un supplément de SEIZE COLONNES.

### SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

CONFÉRENCE DE M. P. GRATIOLET.

**Sur la physionomie en général, et en particulier sur la théorie des mouvements d'expression.**

Messieurs,

J'ai eu l'honneur de traiter l'année dernière, devant vous, de la dignité de la forme humaine. A cette occasion, j'affirmais que l'homme seul avait le privilége de cette parole libre et créatrice qui, donnant un corps à ses pensées les plus abstraites, les fait agir et vivre au delà de lui-même dans le monde extérieur; mais je faisais en même temps remarquer qu'il parlait encore un autre langage, qui lui est commun avec tous les animaux. Ce langage commun, universel, est celui de la physionomie et du geste. Il fut parlé dès le commencement des choses; et tant qu'un être vivant foulera la surface de la terre, il se manifestera, il retentira dans l'espace, il étincellera comme un rayonnement nécessaire de la vie unie à la sensibilité.

Le hasard, messieurs, n'a rien fait dans ce monde. Ce langage a donc ses lois, et c'est de ces lois que j'aurai l'honneur de vous entretenir aujourd'hui. Ces lois sont grandes ; elles sont simples, et comme elles sont écrites en vous, je n'aurai besoin, pour vous les rendre sensibles, ni du secours de la physique, ni de celui de la peinture. Il me suffira de faire appel à la connaissance que vous avez de vous-mêmes. C'est en vous, c'est dans vos souvenirs et dans vos sentiments intimes que je trouverai mes preuves ; c'est dans votre raison seule que j'espère trouver la justification de mes paroles.

L'étude de la physionomie est aussi vieille que l'histoire ; mais elle n'a jamais pris chez les anciens le caractère d'une science. A leurs yeux, c'était un art empirique de se mettre à l'abri de l'erreur dans les jugements immédiats qu'on porte sur les hommes, en devinant les caractères, d'après certains signes fournis par la forme extérieure. Aristote nous apprend que, de son temps, on croyait parvenir à ce résultat, en mettant en usage trois méthodes peu différentes l'une de l'autre, et qui avaient pour point de départ commun le *principe des ressemblances*.

Dans un premier cas, on jugeait du caractère des hommes d'après leur ressemblance plus ou moins prochaine avec certains animaux. Le lion, roi par la force, était le symptôme accepté du courage, de la générosité, du désintéressement magnanime, et toutes ces qualités étaient attribuées à l'homme dont la physionomie rappelait celle du lion. Ressembler à une guenon ou à un macaque était un signe irrécusable d'étourderie, d'impertinence et de malice; la sordidité était le partage de ceux dont les traits rappelaient ceux des pourceaux;



Digitized by Google

mais on ne s'arrêta pas à ces ressemblances générales, et bientôt on osa conclure d'après les similitudes partielles les plus futiles, et j'ajouterai les moins certaines.

Dans un second cas, on réduisait davantage le champ de la comparaison. On sait que les grandes nations, celles surtout dont la race est homogène et pure, se distinguent par un certain nombre de caractères physiques qui les font aisément reconnaître, et, le plus souvent, avec ces physionomies diverses, coïncident des aptitudes et des tendances morales très-différentes. Quelques physionomistes anciens attribuaient, en conséquence, à ceux qui, dans une nation, rappellent les traits d'une race étrangère, les caractères intellectuels et moraux de cette race.

Dans un troisième cas, la théorie des ressemblances s'appliquait à un champ plus circonscrit encore, et par conséquent elle offrait peut-être moins de chances d'erreur. On examinait avec attention les formes, les mouvements, les tics, les attitudes de ceux que distinguaient exceptionnellement certaines vertus, certains talents ou certains vices; et l'on attribuait aux personnes qui leur ressemblaient en quelque chose les mêmes vertus, les mêmes talents, les mêmes vices.

Aristote et tous les physionomistes anciens ont employé simultanément ces trois méthodes, dont le moyen âge s'empara en y mêlant des billevesées astrologiques. Il en résulta une foule de petits ouvrages, qui se répètent les uns les autres avec une désolante monotonie. Ajoutons que, de tout temps, les médecins s'en mêlèrent, et firent intervenir l'étude des tempéraments. Parmi les auteurs qui ont écrit sous l'inspiration d'Aristote, le plus célèbre, à juste titre, est le Napolitain Porta; son livre est encore aujourd'hui recherché par les curieux. A chaque page de cet ouvrage, le portrait d'un homme est mis en parallèle avec celui de quelque animal, et des indices de ressemblances physiques sont pour Porta des signes à peu près certains de ressemblance morale.

Vous apercevez, messieurs, dès l'abord, le vice de ces méthodes anciennes; Porta lui-même en reconnaît l'incertitude : « Ma science, dit-il, est conjecturale, et n'atteint pas toujours la fin qu'elle se propose. » Nous pourrions aller plus loin, et prouver que toute sa théorie est fondée sur les principes futiles, sur des observations incertaines, et ne pourrait conduire qu'à des conséquences ridicules.

Le dernier siècle a produit des œuvres meilleures, et le nom de Lavater se présente naturellement ici.

Le livre de Lavater sur la physionomie, écrit avec un charme naïf, accompagné de dessins choisis avec un tact exquis, et publié d'ailleurs avec le plus grand luxe, acquit dès ses débuts une célébrité européenne. Il est encore aujourd'hui populaire; mais c'est bien à tort que l'on dit et que l'on écrit à tout propos le système de Lavater. La vérité est que Lavater n'a jamais eu de système. Doué d'une finesse et d'une sensibilité prodigieuses, une sorte de divination naturelle dicte ses jugements. Les moindres modifications de la forme ont pour lui une signification qui s'impose à son intelligence. Étonné lui-même des découvertes de son instinct, il les admire, il les chante; mais des phénomènes qu'il observe, il ne sait point la théorie; il ne s'en inquiète point : une physionomie le charme, une autre le repousse et produit en lui un certain malaise; il n'en sait pas davantage. En un mot, nous pourrions fort justement le comparer à un homme qui entend et parle facilement une langue sans en connaître la grammaire et la genèse philologique.

Le jugement que je porte ici sur Lavater a été déjà formulé en termes peut-être trop sévères par deux célèbres naturalistes allemands, MM. Spix et Huschke. Nous parlerons peu de M. Spix; il est moins un physionomiste qu'un crâniologiste à la manière de Gall et de Carus. Quant à M. Huschke, il s'imagine trouver la clef du mystère dans ce que les naturalistes allemands ont adoré si longtemps sous le nom de loi de polarité. Les sentiments agréables sont *expansifs;* les sentiments opposés sont *contractifs*, si je puis ainsi dire. Telle est en bref la théorie de M. Huschke; elle me semble réduire à des termes bien simples une question au premier abord très-compliquée. Je doute d'ailleurs que les acteurs et les peintres pussent appliquer, avec un bien grand succès, le principe qu'il invoque.

Je ne ferai qu'indiquer ici des essais dus à des physiologistes célèbres. Charles Bell, l'auteur fameux de la distinction des nerfs moteurs et sensitifs, avait cru pouvoir ranger dans une classe distincte tous les nerfs qui concourent aux actions respiratoires. Or, suivant lui, tous les mouvements de l'expression faciale dépendent de ces nerfs; Charles Bell en conclut que le principe qui détermine les mouvements respiratoires est le principe même de la physionomie.

Il faut pardonner à l'auteur d'une grande découverte si, justement pénétré de l'importance de ses travaux, il se fait quelque illusion sur l'étendue réelle de leurs conséquences. La face n'est pas le seul organe expressif des passions; loin de là, la main, le pied de l'homme et des animaux, la queue de certains carnassiers, tels que les chiens et les chats, ont des expressions qu'on ne saurait méconnaître. Nous pourrions ajouter qu'il n'est point de mouvement qui n'ait sa physionomie, et dès lors, à moins d'admettre que tous les organes sont animés par des nerfs respiratoires, il faut reconnaître que la théorie de Bell est insuffisante et n'explique ni l'ensemble des phénomènes dont la physionomie se compose, ni leur véritable origine.

Un médecin, très-justement renommé, a cru récemment résoudre le mystère de la langue physionomique en produisant artificiellement des mouvements, à l'aide de certains courants électriques très-habilement dirigés. Ces mouvements peuvent, à la vérité, simuler des expressions; mais sont-ce là des expressions véritables? L'essence de la physionomie est de raconter les sentiments et les passions qui modifient l'être vivant. Or,

Digitized by Google

comment des mouvements communiqués à mes muscles par une volonté étrangère pourraient-ils raconter mes sentiments et mes volontés? Ils ne feraient qu'exprimer une idée de l'expérimentateur, me façonnant comme un statuaire façonne l'argile; produire une expression, déterminer avec plus de précision les muscles dont la contraction modifie alors la forme du visage; est-ce connaître le principe vrai et la raison première de ces mouvements? N'est-ce point oublier trop que la physionomie est un langage, et qu'à la raison seule il appartient d'en découvrir les lois?

Seuls, trois hommes me semblent avoir eu le sentiment des vraies méthodes. Dans le XVIII^e siècle, Diderot et Engel, et de nos jours M. Chevreul. J'aurai occasion de les citer plus loin; mais il serait injuste de ne pas rappeler à leur suite les grands poëtes, les grands artistes, les grands acteurs, dont l'instinct a, dès l'origine, devancé la théorie des savants et des philosophes.

J'aurais à ajouter beaucoup à ce que je viens de dire; mais cette conférence ne peut être exclusivement consacrée à la critique : vous attendez, messieurs, quelque chose de plus. J'entre donc immédiatement en matière. Je n'aurai besoin, je le répète, d'invoquer que la connaissance intime que vous avez de vous-mêmes, pour justifier la théorie que je viens essayer de défendre aujourd'hui, théorie d'un langage que vous parlez, que vous interprétez tous aussi bien, sinon mieux, que moi-même.

Aristote, dont le petit traité sur la physionomie a servi de base à la plupart des essais publiés depuis l'antiquité jusqu'aux temps modernes, a eu l'honneur d'exprimer le premier un principe dont les conséquences méritaient d'être mieux développées.

Ce qui est durable dans la forme, dit ce grand philosophe, exprime ce qui est immuable dans la nature de l'être; ce qui est mobile et fugace dans cette forme exprime ce qui, dans cette nature, est contingent et variable. Remarque simple, grande dans ses résultats, et qui aurait dû l'obliger à diviser, dès l'abord, la physiognomique générale en deux sciences distinctes.

La première de ces sciences a reçu de mon illustre maître, HENRI DE BLAINVILLE, le nom de *morphologie*. Elle étudie dans le monde vivant l'ordre sérial des formes; elle révèle au naturaliste philosophe la véritable nature des êtres qu'il considère; elle permet au paléontologiste qui découvre dans les entrailles de la terre les ossements ou les restes d'animaux que les yeux de l'homme n'ont jamais vus, de dire avec certitude quel rôle chacun d'eux jouait dans l'harmonie des faunes disparues; et, en effet, conçue dans un rapport immédiat et parfait avec le but spécial que tout être créé doit, par la volonté divine, accomplir en ce monde, la forme absolue de l'Être vivant raconte éloquemment sa nature; elle révèle sa place dans le concert de la création.

La seconde de ces sciences, à laquelle je donnerai le nom de *cinéséologie*, a pour objet ces mouvements fugaces par lesquels les volontés, les passions, les instincts actuels de l'animal sont traduits dans leurs modifications infinies; ces expressions sont très-distinctes, et les anciens ne l'avaient pas suffisamment reconnu, de celles que l'œil du naturaliste lit dans les traits immuables de la forme spécifique; et, en effet, quel que soit un animal et quelle que soit la nature des fonctions qui lui sont imposées, il peut, vous le savez tous, éprouver les passions les plus diverses. Une bête de guerre, un tigre, un lion, se montre à certains moments aimante et caressante; les plus inoffensifs des animaux, les plus doux dans l'opinion du vulgaire, un mouton, une colombe, peuvent éprouver la haine et manifester la colère : toutes les passions, liées à l'essence même de la vie, peuvent, à différents degrés, se manifester chez tous les animaux. Ces passions, en effet, sont les formes de la sensibilité; et, pour parler comme Aristote, c'est en réalité par la sensibilité seule que tout animal est constitué.

Ce langage universel d'expression, si spontané, si multiple, si variable qu'il soit en apparence, a ses règles simples et intelligibles. Ces règles, bien qu'à chaque instant appliquées, sont cependant peu connues. Le plus souvent on n'étudie la physionomie qu'au point de vue d'une divination égoïste, excusable peut-être quand l'esclavage était dans les mœurs et quand l'homme, acheté comme on achète un cheval, pouvait avoir, comme lui, des vices rédhibitoires. Aujourd'hui, elle ne peut être étudiée au point de vue d'un pareil diagnostic : la physionomie est une partie de la science; or, le but de la science n'est point de satisfaire l'égoïsme et la malice, mais d'expliquer les manifestations naturelles et, par conséquent, les desseins mêmes de Dieu.

Vous m'accorderez, messieurs, un premier fait. C'est qu'il n'y a pas un seul muscle, un seul organe, créé uniquement pour les besoins de l'expression. Tout organe, en effet, a en principe un but extérieur, un but déterminé. Ce but, il le raconte par sa forme et par son activité propre; or, vous reconnaîtrez aisément que le degré d'énergie d'un mouvement quelconque fournit des indications immédiates. Ainsi, l'absence de mouvement dans un appareil extérieur, la flaccidité de ses muscles, indiquent le repos et, mieux encore, un état absolu d'indifférence; un mouvement faible raconte et exprime une volonté nonchalante, un mouvement énergique correspond à une volonté forte; mais un mouvement contrarié, contenu, racontera avec plus d'évidence encore la volonté commandant à l'instinct et se dominant elle-même.

Les causes qui déterminent ces mouvements appartiennent toutes à l'ordre de la sensibilité. Ils ont la sensibilité pour principe; mais en retour, serviteurs fidèles, ils favorisent l'action des organes sensitifs; ils règlent automatiquement et maintiennent dans ses limites naturelles le degré de leur action spéciale, et, dans certains cas, les protégent et même les défendent.

Digitized by Google

Une analyse rapide des principaux mouvements du visage, rendra, je l'espère, évidente la vérité de cette proposition.

L'œil considère un objet, et, créé pour la lumière, il se réjouit quand il peut la contempler sans effort pénible. Dans cette condition, il se dirige, il s'ouvre doucement, et aucune contraction violente ne trouble alors la pureté des lignes du visage; telle est l'attitude de la vision facile; cette attitude de l'œil est naturellement accompagnée d'un sentiment de bien-être. On sait combien, après une longue nuit, la lumière réjouit à la fois la vie et la pensée.

Mais souvent l'objet que l'œil regarde est peu distinct, et ce n'est pas sans quelque difficulté qu'on peut en reconnaître les formes. Une vision nette de ces formes exige une attention plus ou moins vive, et, modifiées par cette attention même, les lignes expressives de ces parties du visage qui entourent l'œil font deviner un effort plus ou moins grand et parfois excessif.

M. Chevreul a montré dans un travail récent que, pour distinguer aisément un objet mêlé à une foule d'objets différents, mais visibles au même degré, il est bon de l'isoler, de le circonscrire et d'écarter ainsi l'inconvénient qui résulte de la confusion d'une foule d'impressions égales et simultanées sur la rétine. On y parvient aisément en dirigeant son regard dans l'axe d'un tube étroit dont l'intérieur a été noirci à la lampe. Un semblable tube n'est pas à la disposition de l'homme réduit à ses organes naturels, mais des mouvements déterminés ont pour but d'en compenser l'absence.

Et, en effet, considérez un homme qui cherche à reconnaître un objet qu'une grande distance rend pour ainsi dire imperceptible; voyez-vous ses sourcils se froncer et s'abaisser, ses joues se soulever, les angles des yeux se plisser et les paupières se rapprocher de manière à circonscrire, autant que possible, la pupille elle-même? A mon sens, ces mouvements ont un but évident, celui de rétrécir autant que possible l'étendue du champ visuel.

Ce sont là des attitudes de vision difficile; elles se produisent également toutes les fois que l'on veut distinguer les objets sous l'impression d'une lumière trop vive qui éblouit et fatigue l'œil, et vous n'ignorez pas qu'elles sont, en tout cas, accompagnées par un sentiment d'effort et souvent de gêne douloureuse. Je n'ai pas besoin d'ajouter que l'œil se dirige en haut pour considérer les objets élevés, en bas pour voir les objets inférieurs; qu'il se dirige à droite et à gauche pour voir les objets situés sur les côtés du corps; qu'enfin les axes des yeux convergent légèrement quand il s'agit d'examiner quelque objet très-rapproché.

Mais, messieurs, les yeux ont parfois une tendance marquée à regarder en arrière; ce regard est très-facile chez certains animaux timides, chez les lièvres et les lapins, par exemple, dont les yeux, situés aux deux extrémités d'un diamètre transversal de la tête ont une égale facilité à voir en avant et en arrière du corps; cette facilité leur est fort précieuse, car, sans cesse exposés aux attaques des animaux carnassiers, ils peuvent ainsi, dans leur fuite éperdue, échapper plus aisément au danger qui les menace en mesurant constamment la distance qui les sépare encore du renard, du loup ou du chien qui les poursuit, sans avoir besoin pour cela de retourner la tête; mais vous m'accorderez, messieurs, que, lorsqu'ils regardent ainsi, ils doivent naturellement éprouver un sentiment de préoccupation fort désagréable.

Le parallélisme des axes oculaires rend chez l'homme ce regard en arrière absolument impossible. Il est cependant certains cas, et ces cas sont fréquemment réalisés dans le monde, où les yeux ont une tendance évidente, bien qu'inutile, à regarder ainsi; on les voit alors se porter simultanément d'un côté ou de l'autre, jusqu'aux limites extrêmes de ce mouvement, et l'on dirait, passez-moi cette expression, qu'ils veulent faire le tour de la tête. Chez les animaux où cette manière de regarder est facile, elle est un symptôme de timidité, de frayeur ou du moins d'inquiétude; chez l'homme, elle est un signe de soupçon, de curiosité dissimulée, et parfois elle indique une préoccupation jalouse qu'on n'ose avouer.

En général, les yeux fixés sur un même objet déterminent automatiquement des attitudes symétriques du corps. Regarder devant soi un point fixe est une condition d'équilibre plus facile; si ce point, perdant sa fixité, venait à osciller, ce mouvement de l'objet, dérangeant la direction des yeux, troublerait les conditions intimes de l'équilibre primitif et serait une occasion de chute. En un mot, les tendances précises des yeux déterminent surtout des attitudes symétriques et des mouvements en ligne droite.

Des attitudes également symétriques se manifestent également à l'occasion des sensations auditives, surtout quand ces sensations sont attentives, chez tous les animaux dont l'oreille est munie d'un pavillon mobile; qui de vous n'a vu chez les chiens à oreille droite, chez les chevaux, ce pavillon se dresser, s'étaler, s'agrandir et se disposer de la manière la plus favorable pour recueillir les impressions sonores? Souvent alors les deux pavillons sont dirigés dans le même sens que les yeux; chez les animaux chasseurs, ils s'ouvrent en avant; chez les animaux timides qu'un ennemi poursuit, ils se dirigent simultanément en arrière; toutes ces attitudes sont symétriques; mais une inquiétude quelconque s'est-elle emparée de l'animal, on voit ces pavillons se mouvoir en sens inverse l'un de l'autre comme pour interroger tous les points de l'horizon. Enfin, les oreilles s'abaissent, se couchent, s'affaissent avec le corps tout entier quand le danger vient d'en haut, quand les serres du vainqueur ont déjà saisi la victime, ou quand un bruit terrible, inconnu, a déterminé l'épouvante.

Or, dans l'homme, les oreilles, je n'ai pas besoin d'insister là-dessus, sont presque absolument immobiles.

Digitized by Google

Leurs pavillons ont à la vérité quelques muscles, mais la volonté semble, surtout dans les races civilisées, les avoir à peu près oubliés. Symétriques et immobiles, ces pavillons s'ouvrent en sens opposé; l'un surveille à droite, l'autre surveille à gauche, et dès lors, quand l'audition est attentive, il y a nécessairement prédominance d'action dans l'une ou l'autre oreille. Le cou s'incline alors dans le sens de l'oreille directrice; de ce côté, le coin de la bouche est légèrement soulevé et tiré en dehors, et le plus souvent alors les yeux dirigés en sens opposés se cachent à demi sous la paupière supérieure. Bien que ces mouvements troublent à certains égards la symétrie de la face, quand l'attention n'exige aucun effort marqué, ils n'altèrent point d'une manière sensible l'harmonie des formes. Telles sont les expressions ordinaires d'une audition à la fois attentive et facile.

Mais quand les sons trop faibles sont difficilement perçus et surtout quand les nerfs auditifs sont peu sensibles, le cou se tend avec effort dans le sens de l'oreille employée; tous les muscles de ce côté de la face expriment cet effort : l'œil se ferme et se crispe, la narine est tirée en dehors, le coin de la bouche s'ouvre en une sorte de rictus qui découvre les canines et même les molaires ; des rides longitudinales sillonnent la joue; on dirait, en un mot, que tous les muscles de la face s'efforcent de de suppléer à l'insuffisance des muscles du pavillon, et de cet effort résulte une fort laide grimace. Cette grimace est fort habituelle aux vieillards impatients et quinteux, qui ont l'oreille un peu dure, surtout si le discours qu'ils écoutent leur est importun; on les voit se produire également quand le discours leur plaît, mais alors l'œil du côté intéressé s'ouvre un peu davantage, celui du côté opposé beaucoup plus ; la narine, du premier côté est froncée, mais l'autre se dilate; en un mot, le côté non intéressé sourit. Ces expressions sont fort connues des mimes habiles, des grands acteurs comiques. Elles indiquent à la fois que l'ouïe est difficile et pénible, mais que somme toute l'impression qui a frappé l'oreille est agréable. Ajoutons qu'elles sont parfois accompagnées par un petit cri, je dirais presque par un point d'interrogation de la voix qui porte au plus haut point d'évidence la signification de ces mouvements. On pourrait aisément expliquer pourquoi, quand l'audition est à la fois difficile et désagréable, le cou est violemment étendu sur des épaules très-abaissées et légèrement reculées en sens opposé, tandis que si l'impression est agréable, elles sont légèrement voûtées, légèrement soulevées et se meuvent dans le même sens que l'oreille qui écoute, c'est-à-dire dans le même sens que le cou.

Ces expressions sont pour ainsi dire infinies ; on pourrait parler plusieurs heures sur les modifications que peut éprouver un même mouvement de l'oreille ou des yeux; mais le temps me manquerait, et je dois me souvenir d'ailleurs que je parle à un public athénien, je veux dire à un public français, sur la divination duquel je puis compter en toute sécurité.

Les organes des sens inférieurs ont des expressions non moins intelligibles. Voyez comme les narines se dilatent pour appeler un air pur et réjouissant; comme elles se froncent sur les côtés, comme elles se relèvent et se rétractent en soufflant brusquement, pour repousser une odeur mauvaise; comme elles flairent avec délicatesse, appelant à petits coups les effluves odorantes qu'elles veulent à loisir examiner! Ces derniers mouvements sont un indice très-significatif d'une attention de l'esprit examinant une odeur. Ils sont faciles et francs, si l'odeur est agréable; si, au contraire, elle est mauvaise, ils sont plus contenus. Le nez se recourbe alors plus fortement; la lèvre supérieure, légèrement soulevée et gonflée à sa base, s'apprête à s'appliquer aux ouvertures des narines comme un véritable opercule; les côtés du nez sont légèrement plissés. Ces mouvements sont accompagnés de défiance, d'un sentiment de doute sur un aliment qu'on a intérêt à connaître, mais à l'égard duquel on se tient en garde.

De même que l'œil et l'oreille, le nez est à son tour un directeur du corps tout entier. Ceux de vous qui ont observé les carnassiers chasseurs, tels que le chien, n'en peuvent douter. Ces mouvements sont, à la vérité, moins prononcés dans l'homme; mais n'est-il pas certain qu'une odeur agréable attire la tête, et qu'une odeur mauvaise la repousse? Le corps se porte en avant dans le premier cas; il se rejette en arrière et se détourne dans le second. Mais je m'étends mal à propos sur des mouvements que chacun de vous a pu observer sur lui-même.

La bouche, celle de l'homme surtout, a des mouvements plus variés encore. Elle est un organe de respiration, de toucher, de gustation et de trituration; ajoutons que les dents qui triturent peuvent devenir, dans certains cas, des armes de guerre, des armes furieuses. La bouche est enfin un organe de déglutition, et nous devrions ajouter encore un organe modificateur des sons engendrés dans le larynx; en sorte qu'elle est naturellement, chez l'homme, l'organe privilégié du langage.

Considérons, en premier lieu, la bouche, en tant qu'elle est un organe respiratoire. Quand l'homme respire facilement un air pur, frais, et que n'altère aucune souillure, la bouche se dilate légèrement; la lèvre supérieure découvre plus ou moins les incisives supérieures, et les coins de la bouche se relèvent alors avec grâce ; les muscles qui déterminent ce mouvement agissent en même temps sur les pommettes des joues et, les relevant, soulèvent légèrement l'angle externe des yeux, qui deviennent un peu obliques. Ce mouvement d'une respiration agréable s'appelle le sourire, et l'on distingue dans le langage le sourire des lèvres du sourire des yeux; mais ce sourire des yeux est dans l'homme consécutif au sourire de la bouche, et ne dépend d'aucun muscle spécial; aucun animal mammifère n'a le sourire de la bouche; mais le sourire des yeux existe dans les animaux carnassiers et, ne pouvant dépendre du sourire buccal, il a pour cause déterminante un petit muscle,

Digitized by Google

qui agit sur l'angle externe de l'œil. Les chiens, on le sait, ont ce sourire des yeux au suprême degré.

Le sourire, je le répète, est la forme de la respiration libre et heureuse; mais il est des circonstances où la respiration est pénible et pleine d'efforts, soit que l'air manque au poumon, soit que le poumon manque à l'air; les mouvements que la bouche exécute alors sont précisément opposés à ceux du sourire. Dans le sourire, les coins de la bouche étaient relevés en même temps que la lèvre supérieure; dans le cas que nous examinons ici, ces coins sont au contraire fortement tirés vers le cou, et la lèvre inférieure, entraînée dans ce mouvement, laisse à découvert les dents inférieures; en même temps la lèvre supérieure cache complétement les dents supérieures, contre lesquelles elle s'applique. Ces mouvements ont pour cause immédiate les contractions de ce muscle peaucier du cou, dont la partie faciale a reçu de l'anatomiste Santorini le nom de muscle rieur, *risorius*, sans doute, par antiphrase, car ce prétendu risorius est le muscle de la dyspnée mortelle, de l'angoisse et de l'épouvante.

Les lèvres font une petite moue pour toucher ou pour saisir; elles se pressent contre les dents incisives pour faire cheminer les liquides sapides; elles exécutent en même temps de petits mouvements pour les agiter et favoriser leur contact avec la pointe si sensible de la langue; elles font cheminer à peu près de la même façon les aliments que les mâchoires ont broyés. Viennent ensuite, si l'aliment a été jugé bon, des mouvements de déglutition, sous l'influence desquels le dessous de la gorge s'arrondit et se gonfle légèrement. Quant l'impression sapide est fort agréable, on cherche à la faire durer plus longtemps; la déglutition est alors plus lente. Aussi la respiration ne pouvant, en général, s'effectuer pendant qu'on avale, à la suite de ces mouvements voit-on la bouche s'entr'ouvrir et exécuter un petit mouvement d'inspiration, qui varie et complète le tableau.

Si l'aliment a peu flatté le goût, alors même qu'il n'a point encore dépassé le vestibule de la cavité buccale, on voit les lèvres se préparer d'avance à le rejeter. La lèvre inférieure, tirée en bas, s'allonge en forme de bec d'aiguière pour laisser s'échapper librement la chose dédaignée; si l'impression a été plus vive, il se produit des mouvements d'expulsion que je n'ai pas besoin de décrire en détail.

Ici, permettez-moi d'indiquer en passant une distinction physiologique très-simple, mais importante à notre point de vue. Il est certain que le goût est double, et le langage usuel distingue fort à propos l'avant-goût, qui est plus analytique, plus intelligent, de l'arrière-goût, qui s'adresse surtout à l'instinct. Cet arrière-goût s'exerce quand les mouvements de déglutition ont déjà commencé. Il juge en dernier ressort de la nature des aliments, et surtout du degré de leur convenance avec notre propre nature. Si ce dernier juge est satisfait, comme le mouvement de déglutition est à la fois doux et franc! Si l'aliment, au contraire, a déplu à l'arrière-goût, s'il l'a révolté, l'organisme entier le rejette. Vous connaissez, messieurs, les attitudes du vomissement: le larynx se soulève; la bouche s'ouvre largement; les lèvres se rétractent, comme si toutes les parties de l'appareil buccal s'efforçaient d'éviter le contact d'une matière que le sens intime rejette. C'est là l'expression immédiate d'un suprême dégoût, d'une horreur profonde; cette expression est claire pour tous; elle est immédiatement intelligible.

Les organes du toucher ont aussi des mouvements divers, et ces mouvements ont leur physionomie. Ils caressent les objets d'où leur viennent des impressions douces; ils repoussent les sensations désagréables, ou s'en éloignent avec effort. Ces mouvements sont si connus, qu'il serait superflu d'y insister.

Peut-être trouverez-vous, messieurs, que je m'étends outre mesure sur des choses connues de vous tous? Mais j'ai eu besoin de vous les rappeler, et mon but sera atteint, si je suis parvenu à vous convaincre que ces mouvements automatiques ou volontaires, qui se produisent dans l'exercice de nos sensations, sont des expressions naturelles, qui racontent avec une absolue évidence jusqu'à quel point ces sensations concordent avec notre propre nature. Je donne à ces mouvements le nom de mouvements directs ou prosboliques.

J'arrive maintenant à un point plus délicat. On confond, en général, dans le langage usuel, ces deux expressions verbales : *sensation* et *sentiment;* elles sont cependant très-distinctes. L'objet de la sensation est extérieur; le sentiment, sens intime, a pour objet les profondeurs du corps vivant : le plaisir et la douleur nous sont propres; tous leurs modes sont en nous. Ces propositions sont démontrées par les découvertes les plus certaines de la pathologie moderne. Dans certaines maladies nerveuses, les sensations de contact peuvent se conserver dans un organe devenu complétement insensible à la douleur et au plaisir; la réciproque est également vraie. En principe donc, la sensation est indépendante du sentiment, et réciproquement. Ils peuvent exister l'un sans l'autre, quand l'harmonie des fonctions nerveuses a été troublée ou détruite.

Dans l'état normal, au contraire, il n'est pas de sensation qui ne réveille un certain sentiment; dans l'ordre naturel, le plaisir accompagne les sensations dont le développement favorise ou exalte le rayonnement de la vie; en revanche, toute action nuisible éveille un sentiment de douleur; on loue, on chante le plaisir; on maudit, on blasphème la douleur, et sans elle, cependant, qui protégerait le corps? le plaisir? on sait trop qu'il ouvre toutes les portes. Mais surveillante toujours éveillée, la douleur crie; elle appelle au secours, elle tourmente, elle sonne le tocsin toutes les fois qu'un danger menace cette vie, ce bien suprême de tous les animaux. Est-il juste d'amnistier ainsi le mal, et de n'accuser que sa révélatrice? En sa qualité de gardienne

Digitized by Google

fidèle, la douleur a ses titres légitimes; elle entre au même titre que le plaisir dans l'harmonie du monde; comme lui elle joue son rôle dans le concert des actions conservatrices, comme lui elle est fille de l'éternelle bonté.

Ainsi, dans l'ordre naturel, toute sensation devant être mesurée et jugée, elle est nécessairement accompagnée d'un plaisir ou d'une douleur. Les sources du plaisir, je n'ai pas besoin d'insister là-dessus, sont aisément acceptées; les causes de douleur sont, au contraire, rejetées avec une énergie, une intensité de fureur qui n'est pas moins apparente dans l'homme que dans les animaux carnassiers.

Dès lors, messieurs, vous distinguerez aisément ce qui dans l'ordre philosophique distingue une sensation d'un sentiment; la nature des sensations est d'être essentiellement localisées, et absolument spécialisées dans des organes distincts. Il y a, en effet, des qualités distinctes dans un même objet; en tant qu'il est lumineux, nous le percevons par l'œil; sonore, par l'oreille, odorant, par le nez; sapide, par le goût; tangible, par les organes du toucher. Le corps ne pouvait obéir que par des organes spéciaux aux exigences multiples de l'intelligence.

En sera-t-il de même des sentiments? en aucune façon, messieurs; si la nature de la sensation est d'être spécialisée, car les organes des sens sont essentiellement des organes d'abstraction et d'analyse, la nature du sentiment, au contraire, est de se généraliser. Quand un plaisir s'éveille à propos d'une sensation quelconque, l'organisme entier chante sur divers tons un hymne de satisfaction et de joie; si la douleur en résulte, au contraire, quel concert de tous les organes dans la lutte! quelle unité dans les tendances du corps entier! Comme tous les organes protestent, comme ils repoussent l'ennemi! de ces faits, que l'habitude de la vie vous a rendus familiers, nous déduirons les conséquences suivantes :

1° Quand un sentiment de plaisir s'éveille à l'occasion de l'action d'un organe sensitif quelconque, tous les organes à leur manière l'acceptent, le déclarent bon. Je rendrai la vérité de cette proposition sensible par un exemple.

Donnez à un petit carnassier, à un petit chat, par exemple, quelque liquide savoureux et sucré; voyez-le s'avancer lentement et flairer avec attention; ses oreilles se dressent, ses yeux largement ouverts expriment le désir, sa langue impatiente, léchant les lèvres, caresse et déguste d'avance l'objet désiré. Il marche avec précaution, le cou tendu. Mais il s'est emparé du liquide embaumé; ses lèvres le touchent, il le savoure; l'objet n'est plus désiré, il est possédé; le sentiment que cet objet éveille s'empare de l'organisme entier; le petit chat ferme alors les yeux, se considérant lui-même tout pénétré de plaisir. Il se ramasse sur lui-même, il fait le gros dos, il frémit voluptueusement, il semble envelopper de ses membres, son corps, source de jouissances adorées, comme pour le mieux posséder; sa tête se retire doucement entre ses deux épaules, on sent qu'il cherche à oublier le monde, désormais indifférent pour lui; il s'est fait odeur, il s'est fait saveur, et il se renferme en lui-même avec une componction toute significative.

2° Ce que je viens de dire du plaisir et des sensations agréables peut être dit de la douleur. Un seul organe est directement lésé; cependant l'organisme entier lutte avec un effort suprême, effort tantôt concentré et muet, tantôt expansif et manifesté par des cris. Les cris, messieurs, sont la voix de l'effort, ils sont la voix de la lutte contre la douleur.

Si la douleur est sourde et profonde, on voit se produire des expressions un peu différentes : l'attention se concentrant sur un point intérieur, les yeux se ferment parfois; s'ils demeurent ouverts, ne se dirigeant plus au dehors, ils deviennent divergents et hagards. L'animal qu'une douleur profonde pénètre, se retire dans quelque endroit écarté; il recherche les ténèbres et le silence; cependant les douleurs profondes ont souvent, chez l'homme, une forme expansive. Un instinct irrésistible de fuite saisit alors le malade, qui semble vouloir s'échapper de lui-même; des efforts terribles d'expulsion se produisent, ses mains crispées voudraient, pour ainsi dire, arracher du corps ces viscères auxquels la douleur s'est attachée; sa bouche, rétractée dans l'attitude du mouvement, exprime l'horreur; ses yeux se ferment avec effort, mais d'autres fois, largement ouverts, ils semblent chercher quelque porte ouverte à la fuite. Ces expressions diverses racontent clairement que le corps tout entier fuit et rejette la douleur; parfois le membre malade la secoue comme pour la détacher de lui; considérez un chat qui s'est brûlé la patte, un enfant qui s'est pincé le doigt. Mais, messieurs, je n'en finirais pas si je voulais multiplier les exemples.

Je me résumerai sur ce point en deux mots. La société des organes dans le corps vivant est comme une république parfaite; tous les organes gémissent à l'occasion de la douleur d'un seul, tous se réjouissent quand un seul est dans la joie. Je donne à ces mouvements homologues qui se produisent automatiquement dans tous les organes à l'occasion du plaisir ou de la douleur d'un seul, le nom de *mouvements sympathiques*.

Abordons maintenant, messieurs, une troisième classe de mouvements expressifs.

Nous avons, jusqu'à présent, considéré l'animal comme vivant au milieu du monde extérieur et des objets réels. Mais il est un autre monde où il est également agissant et passif, monde où l'homme passe peut-être la plus grande partie de sa vie. Je veux parler du monde individuel, du monde de l'imagination.

Ce monde est aussi bien que le monde extérieur une source indéfinie de sensations, de sentiments et d'idées. Est-il nécessaire d'insister sur ce point, les rêves n'en sont-ils pas une preuve frappante et familière? Mais dans

Digitized by Google

l'état de veille même, cette vérité n'est-elle pas évidente? un peintre habile voit et parfait en lui-même ces chefs-d'œuvre dont la réalisation extérieure ne sera souvent qu'une image affaiblie; le musicien écoute dans ce monde imaginaire des chants inconnus; le voluptueux s'y enivre de jouissances idéales; le gourmand y compose les festins les plus délicats. Plus belles que la réalité, les formes de ce monde intérieur ont un charme sans pareil, une fraîcheur sans égale. La beauté y est plus apparente et plus parfaite, le bonheur plus complet. Ce n'est point du monde extérieur, c'est de l'imagination qu'est née la poésie.

Si l'imagination est une source intarissable de sensations et d'images agréables, elle est également féconde en épouvantes et en douleurs; elle a ses haines, ses luttes, ses fureurs. L'homme, mystère incompréhensible, vit et se meut ainsi dans l'idée qu'il a du monde. Il se voit lui-même agissant au milieu de ses rêves, jouissant, espérant, souffrant, et, comme les dieux d'Homère, aimant ou combattant ses propres créations.

Que dis-je? pour l'homme ce monde imaginaire est le monde immédiat. Quand la nuit a voilé le monde réel, il s'illumine d'une lumière plus vive. C'est le monde des songes, des fantômes, de l'hallucination et de la folie. C'est aussi le monde de la méditation, des conceptions poétiques et du génie.

Si les idées imaginaires sont objectives, ainsi que nous venons de l'indiquer, si l'homme en réalité les voit, les écoute, les flaire, les goûte, les touche en lui-même, vous concevrez aisément comment de ces sensations imaginaires peuvent naître des sentiments réels; que de craintes dans les rêves, que d'épouvantes! mais aussi que de conceptions faciles et charmantes, que de correctifs aux chagrins réels! à coup sûr il est des sommeils dont les rêves sont oubliés avec joie, mais qui, dans sa vie, n'a parfois regretté de s'éveiller?

Or, entre le corps et l'âme, l'union est si intime, que les organes extérieurs eux-mêmes sont loin d'être indifférents à ces sentiments qui naissent de l'imagination. Quand l'attention est fixée sur quelque image intérieure, l'œil regarde dans le vide et s'associe automatiquement à la contemplation de l'esprit. Le musicien qui compose semble écouter. Quel est l'Apicius songeant à quelque mets préféré qui n'exécute involontairement des mouvements de dégustation ou d'olfaction satisfaites? Enfin les amours, les colères imaginaires sont traduits dans toutes leurs modifications par les expressions de l'amour apparent et des colères qui s'adressent à quelque but extérieur. Je me résume en disant qu'il est à peu près impossible d'agir en imagination, sans trahir en un certain degré par des mouvements extérieurs les actions que l'esprit exécute en lui-même.

Ces mouvements, que j'appellerai *symboliques*, se distinguent cependant de ceux qui ont pour but un objet extérieur par certains caractères suffisamment tranchés. En premier lieu, leur énergie est habituellement plus faible; en second lieu, le corps les accomplit automatiquement à l'insu de celui qui imagine; cette proposition a été rendue certaine par les expériences de M. Chevreul sur le pendule oscillateur. Il m'est impossible d'entrer ici dans l'analyse de ce travail si remarquable; mais je choisirai, parmi les exemples qui ont été apportés en preuve par cet auteur célèbre, le fait suivant que vous avez tous observé.

Cet exemple nous est donné par les joueurs de billard. Si une bille dévie légèrement de la direction que le joueur prétend lui imprimer, ne l'avez-vous pas vu cent fois la pousser du regard, de la tête et même des épaules, comme si ces mouvements, purement symboliques, pouvaient rectifier son trajet? Des mouvements non moins significatifs se produisent quand la bille manque d'une impulsion suffisante. Et, chez les joueurs novices, ils sont quelquefois accusés au point d'éveiller le sourire sur les lèvres des spectateurs.

Le célèbre philosophe leibnizien Christian Wolff reconnaissait avec Hippocrate qu'une sensation forte éteint et masque en général une sensation plus faible; et il comparait les sensations imaginaires, ou comme le disent assez obscurément certains philosophes, les sensations subjectives, à ces sensations de cause extérieure, dont l'énergie est si faible qu'en les entendant, on pourrait croire n'avoir fait que les imaginer; c'est dire assez que des impressions fortes venues du monde extérieur masquent ou obscurcissent fréquemment les impressions qui nous viennent de l'imagination. Ainsi des bruits extérieurs nuisent à la liberté de la pensée; on imagine bien plus facilement des formes dans une obscurité profonde qu'au milieu d'une vive lumière, vous imposant, pour ainsi dire, les formes des objets extérieurs; de là des expressions diverses dont le souvenir peut être aisément évoqué dans votre mémoire.

Le plus souvent l'homme qui veut alors imaginer librement tient ses paupières abaissées. L'œil regarde cependant et se dirige; mais regardant dans l'obscurité, il peut satisfaire à sa tendance symbolique sans nuire à la vivacité des images intérieures; l'expression est parfois plus accusée encore; non-seulement les paupières s'abaissent, mais la tête s'incline et la main s'applique au front, moins peut-être pour le soutenir que pour voiler les yeux. Les anciens considéraient avec raison cette attitude comme la forme naturelle de la méditation.

Je ne puis passer sous silence certaines expressions un peu différentes d'une attention portée aux choses extérieures. Un homme parle devant vous, il sollicite votre attention personnelle : s'il réussit à la captiver, vos yeux franchement ouverts demeurent fixés sur lui; s'il n'y réussit point, la politesse tiendra à la vérité vos yeux ouverts, mais ce ne sera pas sans quelque effort, votre pensée étant ailleurs, et l'attention de votre regard se fixera non sur votre interlocuteur, mais sur quelque autre point de l'espace situé soit en deçà, soit au delà

Digitized by Google

de lui; le plus souvent les yeux convergent légèrement. Si alors il porte les yeux sur vous, il sentira que vous ne le regardez point, que votre regard est distrait, et il en conclura, s'il a quelque esprit, que vous ne l'écoutez point.

C'est aussi de cette façon qu'on regarde dans les grandes préoccupations de l'âme. L'œil hagard est largement ouvert; mais il ne voit rien, et par conséquent ses regards inutiles ne nuisent en rien à la netteté des images intérieures dont l'esprit est préoccupé. Telle est la physionomie habituelle de la *préoccupation*. N'admirez-vous pas, messieurs, la justesse de cette expression si familière? Les mouvements de l'oreille étant moins distincts que ceux des yeux, sont moins immédiatement apparents. Toutefois les mouvements relatifs au sens de l'ouïe peuvent se manifester dans un sens symbolique. Par exemple un homme qui cherche à se rappeler un air oublié et qui n'y parvient qu'avec peine semble écouter, mais il écoute à la manière des gens qui ont l'oreille dure, manière que j'ai décrite plus haut.

Il est enfin, messieurs, un quatrième ordre de mouvements. Ceux-ci n'expriment ni la nature des sensations, ni celle des images dont la fantaisie est occupée, ils sont déterminés dans les hauteurs de l'esprit par la raison elle-même; ils accompagnent les actions les plus intimes de la pensée, qu'ils révèlent sur une face intelligente; ils racontent dans leurs symboles les jugements et les sentiments les plus élevés de l'âme.

L'expérience, messieurs, vous a appris depuis longtemps qu'une physionomie mobile est un signe d'intelligence. Vous dites tous les jours un regard spirituel, une bouche spirituelle, et si l'on allait jusqu'à dire une main spirituelle, je crois que cette expression ne vous révolterait pas. Et en effet, messieurs, tout mouvement est un langage dans les animaux, et tel est le rapport intime de l'esprit avec le corps, que dans l'homme normal le verbe de l'intelligence se marie incessamment avec la parole de la vie. En effet, de même qu'il y a des jouissances et des douleurs physiques, il y a des jouissances et des douleurs morales, et pour l'esprit lui-même il y a des voluptés qui naissent de la vérité, et des douleurs que l'erreur engendre. Au-dessus des sentiments qui naissent du corps, nous placerons naturellement ceux qui proviennent des états et des mouvements de l'âme, mais leurs expressions visibles seront analogues. Elles étaient directes, immédiates dans un premier cas, sympathique dans le second, symbolique dans le troisième; elles mériteront, dans ce dernier cas, le nom d'expressions métaphoriques.

Diderot a dit, dans un de ces petits traités (*Lettres sur les sourds et muets*), qui sont peut-être ses plus beaux ouvrages : « Remarquez en passant combien le langage du geste est métaphorique. » Il n'a donné aucun développement à cette idée, mais nous allons essayer d'en démontrer la justesse.

Oui, le geste de l'homme est plein de métaphores, et instinctivement les animaux en font aussi quelques-unes. Ces métaphores s'engendrent naturellement, et j'ajouterai ici une remarque importante, c'est que ces métaphores spontanées du geste sont traduites instinctivement chez l'homme dans les métaphores similaires du langage.

Nous l'avons déjà dit, de nos idées les plus abstraites naissent des sentiments réels. Le géomètre le plus élevé a le sentiment du vrai et le sentiment de l'erreur. La vérité convient à la nature de l'âme; elle est une joie, un motif d'adoration pour elle; et pour elle encore l'erreur est un mal, un sujet d'impatience, de douleur et même de colère. Elle accepte avec joie le vrai, elle rejette avec horreur l'erreur et le mensonge; or, ces sentiments sont racontés dans un double langage, dans le langage du verbe et dans celui de la forme visible. Une proposition philosophique qui agrée est acceptée, une proposition fausse est rejetée par les yeux qui se ferment ou se détournent, par le nez et les lèvres, qui semblent rejeter des odeurs ou des saveurs mauvaises; par les épaules, qui s'agitent comme pour secouer un joug importun; par les bras, qui repoussent; par le corps tout entier, qui se rejette en arrière, se détourne ou s'éloigne comme il s'éloignerait d'un spectacle indigne d'être vu. On écoute de plus près un homme dont la conversation vous intéresse, on se rapproche de lui, et s'il fait simplement une lecture, on en vient à placer sa tête à côté de la sienne pour lire en même temps que lui. Engel a merveilleusement développé ce point; on lui doit une autre remarque non moins fine que juste.

Examinez avec attention un philosophe, un mathématicien, un poëte, qui, tout en se promenant, poursuit dans sa pensée quelque trace lumineuse, et s'élève de degrés en degrés à des vérités, à des conceptions sublimes. Voyez comme son œil est ardemment fixé sous des paupières tantôt joyeusement ouvertes, tantôt à demi abaissées, comme dans la contemplation imaginaire. Voyez ses narines respirer ou flairer alternativement, ses lèvres goûter avec amour les vérités qu'il découvre. Si le mouvement des idées est rapide, notre promeneur marche plus vite; s'il devient plus vif encore, la marche s'accélère; mais si tout à coup quelque obstacle, quelque difficulté suspend ce mouvement de la pensée, le corps s'arrête pour reprendre sa marche, à l'image de la pensée, aussitôt que l'obstacle a été vaincu; aussi dites-vous naturellement qu'un raisonnement marche, ou qu'il ne marche pas.

Passons à d'autres mouvements et à des métamorphores plus visibles encore, métaphores communes au langage oral et au geste.

On écoute un homme, et quand on l'a compris, on dit très-naturellement : J'entends cela. Dans le cas contraire, tous les mouvements caractéristiques d'une audition pénible se produisent. et l'on affirme qu'on n'entend point. Si une description vous paraît claire, vous dites pareillement : Je vois cela. Si elle est obscure,



Digitized by Google

vous dites ne la voir que difficilement, et vos yeux offrent alors toutes les attitudes d'une vision inquiète et difficile. Avez-vous l'instinct d'une solution, vous dites très-bien : Je sens cela. Je n'ai pas besoin de rappeler les gestes de ceux qui cherchent pour ainsi dire leur route à l'aveugle, au milieu de raisonnements et de souvenirs confus; leurs yeux se ferment, ils relèvent la tête, et les doigts, étendus et agités d'un mouvement léger, semblent chercher à toucher. C'est ainsi que J. B. Rousseau fait dire à une vieille incrédule :

..... Oui, je voudrais connaître,
Toucher au doigt, sentir la vérité.

Toucher au doigt! Mais ne dites-vous pas tous les jours une vérité tangible, une vérité palpable?

Un mot encore. Si quelque proposition vous charme, vous dites la goûter; vous la rejetez au contraire des yeux, du nez, de la bouche, des épaules et de la main, si elle vous est importune; mais si elle attente à l'ordre moral, les expressions de la lutte violente sont plus énergiques encore; ce sont alors les expressions du dégoût physique, du vomissement, de la dyspnée mortelle; elles prennent dans ce dernier cas la forme de l'horreur et de l'épouvante. Les jugements que nous portons sur les choses d'art et de style sont accompagnés par des mouvements analogues.

Parmi tous les exemples que je pourrais en donner, je choisirai plus spécialement le suivant, que la plupart d'entre vous connaissent à coup sûr :

On rencontrait souvent autrefois, et l'on trouve encore aujourd'hui quelques-uns de ces lecteurs délicats dont l'espèce était très-commune au commencement de ce siècle. J'en ai vu lire quelques-uns, il me semble les voir encore. Ils se recueillaient doucement, rapprochant autant que possible leur livre de leurs yeux à demi fermés par un léger sourire. Cependant, leurs narines semblaient, par leurs mouvements, à la lecture de certains passages, s'enivrer d'un parfum céleste; mais combien plus éloquents encore étaient les mouvements de leur bouche! Les lèvres, amoureusement souriantes, dégustaient avec délices; de petites fossettes se dessinaient alors sur les joues, exprimant une attention soutenue et charmée; puis, à la suite de ces mouvements, survenait une déglutition satisfaite; on voyait alors notre lecteur se rengorger légèrement, et la scène se terminait par un soupir qu'accompagnait parfois un petit appel de langue tout à fait significatif; tout cela ne vous dit-il pas que le lecteur charmé s'enivrait à la fois de la saveur du style, des ingrédients de la phrase, des parfums de l'expression? Or, d'un homme qui lit ainsi vous diriez naturellement : C'est un homme de goût; n'est-ce pas une preuve entre mille que les métaphores du geste sont parallèles aux métaphores du langage?

Des expressions du même ordre se produisent dans l'ordre moral et dans l'ordre social; d'un homme qui plaît dans le monde, on dit métaphoriquement qu'il est goûté. La bienveillance n'a pas une autre forme : l'œil doucement dirigé, les narines exécutant de petits mouvements d'olfaction satisfaite, la bouche exprimant par un sourire l'éveil d'une vie plus heureuse; les lèvres agitées par de petits mouvements de dégustation agréable, les mains toujours prêtes à recevoir, à serrer doucement, à caresser, et, enfin, le baiser, cette caresse des lèvres qui semble attirer symboliquement l'âme de l'être aimé. Toutes ces expressions ne sont-elles pas simples, intelligibles; en est-il de plus claires, ne voit-on pas que, dans cette harmonie vivante de toute notre matière avec notre esprit, tous les organes racontent, chacun à sa manière, le sentiment dont l'âme est pénétrée?

La joie, qui se mêle facilement à la bienveillance, est l'expression d'une vie complétement épanouie; le sang, circulant plus aisément, colore les joues; la respiration, plus active, s'accélère jusqu'à devenir convulsive, éclatante, et prend le nom de rire; mais cette convulsion, loin de nuire aux actions respiratoires, les favorise, et mon spirituel maître, Étienne Pariset, pouvait la définir: une promenade joyeuse à l'intérieur de soi-même. Le corps tout entier s'associe à ces mouvements : un besoin indicible de marcher, de courir, de sauter, de tourner sur soi-même, agite alors les jeunes enfants; toutes ces expressions racontent clairement combien la vie leur est facile et douce, combien ils sont heureux d'en célébrer la fête.

Les expressions de la joie, mêlées à celle de la bienveillance, composent la physionomie de ce contentement aimable des bons cœurs, qui voudraient associer à leur bonheur tout ce qui les entoure.

Parmi les animaux, les chiens seuls sont capables d'exprimer avec une évidente clarté l'amour et la bienveillance. Ils lèchent en agitant la queue ceux qu'ils aiment (1), ils les contemplent de leurs yeux ardemment fixés, ils aboient pour solliciter le regard; ils éveillent par de petits coups de leurs pattes antérieures l'attention de ceux qu'ils aiment. Rien n'est plus éloquent.

Les carnassiers de la grande famille des chats ont aussi quelques expressions de bienveillance, mais elles sont douteuses et pour le moins obscures. D'ailleurs, le chat est souverainement égoïste. Le chat caressant ferme les yeux; mais, que dis-je? il ne vous caresse point : la vérité est qu'il se caresse lui-même en ondulant sous la main qui le flatte; tout indique la supériorité du chien.

L'amour, dont les expressions mériteraient d'être attentivement examinées, a des formes très-diverses : dans quelques-unes de ses formes, il s'adresse surtout à des perfections idéales. Dans quelques autres, il a pour objet quelque satisfaction égoïste.

(1) C'est là une expression analogue au baiser de l'homme; mais le baiser est un mouvement de la bouche considérée comme organe respiratoire. Le chien lèche; et cette forme, empruntée à la bouche en tant qu'elle est un organe de la vie nutritive, est évidemment inférieure.

Digitized by Google

L'amour qui s'adresse aux choses de l'intelligence, à la beauté idéale, à la perfection céleste, mêle les expressions du désir à celle de l'admiration. Toute l'activité de l'âme se concentre dans les organes supérieurs des sens, et surtout dans les yeux, qui semblent vivre seuls; les autres organes du visage s'épanouissent dans une sorte de dilatation extatique; les narines sont ouvertes, mais la respiration est parfois suspendue. La bouche ne goûte plus, elle demeure entr'ouverte et comme figée dans l'attitude de l'inspiration; ce mouvement est mêlé de joie, et un indice de sourire est ébauché sur les joues, qui soulèvent et plissent l'angle externe des yeux; parfois, les bras et le cou sont tendus vers l'objet adoré; mais, au terme d'une admiration souveraine, l'œil, vivant seul, tous les organes sont oubliés; le corps fléchit, les bras retombent; la mâchoire inférieure, abandonnée à son propre poids, s'abaisse, et le tronc semble n'être maintenu dans l'extension que par une sorte de contraction involontaire et cataleptique des muscles. L'admiration est alors mêlée aux expressions de l'étonnement; l'attention excessive conduit à peu près aux mêmes expressions, et, comme Haller l'a si bien vu, elle peut également conduire à l'extase.

La seconde forme de l'amour ne produit point l'extase, et modifie surtout la bouche et les narines, considérées comme organes d'olfaction et de dégustation avides. Ces mouvements sont surtout apparents dans les ruminants, et les anciens en avaient composé la physionomie de leurs satyres.

L'admiration est un mouvement et une passion de l'âme : elle ne peut s'exprimer que dans les organes de l'esprit, je veux dire dans les yeux, et par les mouvements qui concourent à une audition attentive. Née de l'intelligence, elle se manifeste surtout dans la sphère de ces organes privilégiés qui fournissent à la pensée ses aliments immédiats. Les odeurs et les saveurs s'adressant surtout à la partie matérielle de l'homme, c'est dans leurs organes que s'expriment surtout les passions et les appétits d'un ordre inférieur; mais je ne saurais ici m'arrêter plus longtemps sur ce point. J'insisterai seulement sur un fait qui fera suffisamment comprendre ma pensée. On ne dit point : Une odeur admirable, une saveur admirable; mais vous admirez les harmonies musicales, vous admirez les manifestations lumineuses; en un mot, née de l'intelligence, l'admiration ne s'adresse qu'à l'intelligence.

J'ai parlé de l'étonnement. L'étonnement peut être mêlé de joie. Je viens d'en signaler les caractères. Il peut être mêlé d'épouvante. Dans ce cas, aux attitudes de l'étonnement s'unissent les expressions suivantes. Les sourcils se froncent sur un œil largement ouvert, l'angoisse est racontée par les coins de la bouche abaissés et rétractés comme dans ces cas de dyspnée ou l'air manque à la respiration convulsive. Les pupilles, énormément dilatées, semblent regarder dans les ténèbres épaisses; enfin les narines s'affaissent au moment de l'inspiration, signe funèbre d'agonie et de mort imminente.

En parlant des expressions de la bienveillance, j'aurais pu dire qu'elle exerce sur les cœurs une attraction irrésistible. Nous pourrions ajouter que ses contraires, le dédain, le mépris, la haine, repoussent. Tous les mouvements qui accompagnent ces passions affirment la justesse de cette remarque. Eh! ne voyez-vous pas que dans le mépris les métaphores du geste expriment une répulsion universelle? Voyez comme les yeux du méprisant se détournent et regardent de haut! Le nez se plisse sur les côtés, les narines se relèvent comme pour repousser une odeur importune; la bouche rejette, crache, vomit, et dans certains cas se ferme expressément comme pour se mettre en défense; le corps se détourne, les mains s'opposent à l'objet ou à l'idée méprisé avec une énergie contenue par une sorte de dégoût, tout le corps, en un mot, rejette métaphoriquement ce que l'esprit a rejeté.

La haine est une fureur contenue. Les sourcils se mettent en défense et s'abaissent sur un œil ardent, les narines froncées se dilatent, le dents sont serrées, la respiration profonde est cependant oppressée par un effort caché; la colère est la fureur expansive mordant, brisant, déchirant. Tous les muscles en mouvement font frissonner la peau, la chevelure se hérisse, bientôt l'excitation se propage aux viscères eux-mêmes. Tantôt le cœur bat plus vite et fait rougir; tantôt ses contractions allant jusqu'au spasme tétanique, la colère fait blémir; enfin, la voix elle-même vibre et rugit. Qui de vous ne connaît ces expressions terribles qui annoncent la folie, la destruction et la mort!

Il y a des colères directes, des colères symboliques, des colères de l'esprit, et celles-ci se traduisent par les mouvements qui signalaient les premières.

La tristesse est le contraire de la joie. La joie était l'expression d'une expansion libre de la vie; la tristesse, au contraire, correspond à un sentiment de dépression générale, d'indifférence, de dégoût et d'affaissement; la face et le corps expriment ce dégoût et cet affaissement; les yeux, presque sans regard, semblent ne sortir qu'à regret de leur atonie; les mouvements respiratoires sont à peine sensibles; la lèvre inférieure passivement entraînée retombe; la tête inclinée s'affaisse sur une épaule, et les chairs du visage sont si flasques, que dans cette attitude oblique de la tête, la joue inférieure abandonnée à son poids pend en quelque sorte, tandis que la joue supérieure s'aplatit sur le squelette de la face, et de ce côté paraît singulièrement amaigrie. Je citerai en exemple une de ces têtes antiques que les artistes connaissent sous le nom de fille de Niobé; le génie de l'artiste avait deviné cette attitude passive des chairs dont l'expression est surtout frappante dans la période d'anéantissement du désespoir.

Une analyse des expressions de la prière, dans leur évolution successive, ferait mieux sentir encore cette

Digitized by Google

valeur métaphorique des mouvements du corps vivant; l'homme qui prie éprouve une tristesse qu'accompagne un désir. Il a l'idée de la puissance de celui qu'il implore et en même temps le sentiment de sa faiblesse relative; instinctivement, pour rendre plus sensibles cette grandeur et cette faiblesse, il se fait plus petit, il se prosterne, il s'anéantit; dans cet état d'abaissement, ses yeux, tournés vers celui qu'il implore, semblent regarder le ciel même. Remarquez, en effet, messieurs, que nous associons naturellement l'idée de puissance, de courage, de générosité et de noblesse à l'idée de grandeur; quand nous parlons de belles choses, nous levons métaphoriquement les yeux. Ce qui enferme une perfection souveraine vous le nommez sublime; or, le sublime est considéré d'en bas, le sublime moral aussi bien que le sublime visible, et les yeux se tournent alors vers le ciel, source par excellence de la lumière physique et symbole éclatant de la lumière éternelle.

Ce regard qui s'élève, c'est l'adoration. Or, on peut adorer Dieu debout, comme on peut debout considérer le ciel. Mais on ne peut adorer l'homme qu'en s'abaissant. Voilà pourquoi instinctivement le suppliant, admirez en passant, messieurs, l'admirable justesse de cette expression, le suppliant se prosterne; il étend les mains pour recevoir la grâce implorée; bientôt la prière devenant plus ardente, il les joint comme pour la saisir; est-elle refusée aux premières instances, le suppliant, semblable à un homme qui se noie et s'accroche, le mot existe métaphoriquement dans la langue, à quelque branche de salut, crispe avec effort ses mains jointes; il les rapproche de sa poitrine comme un homme qui se soulève à la force des bras, et ce mouvement si énergique se passant dans le vide les fait trembler. Ne voyez-vous pas, dans l'excès même de ce mouvement, la lutte souveraine de l'homme qui défend son dernier espoir? Ajoutez à cela des yeux ardents, la bouche contractée par l'angoisse, la poitrine haletante, et vous concevrez aisément jusqu'à quel degré d'énergie terrible peuvent atteindre ces métaphores visibles.

Si ces derniers efforts sont vains, ce drame de la prière se termine par une quatrième scène, celle du désespoir. Le désespoir qui s'empare de l'âme après une lutte inutile paralyse les mouvements du corps ou du moins ne laisse plus subsister que les mouvements convulsifs de l'agonie; dans le premier cas, les bras retombent, le corps s'affaisse, la tête s'incline sur la poitrine, passive comme dans la mort; dans le second, le corps lutte encore, la poitrine étouffe, les bras semblent déchirer des liens invisibles. Qui de vous dans sa vie n'a vu et compris l'horreur de ces expressions?

Borné par le temps qui m'est accordé, je ne saurais, messieurs, multiplier ici les exemples de ces métaphores du geste; mais jusqu'ici nous n'avons parlé que des expressions franches; or, pour toucher autant que possible à tous les points principaux, je dois dire quelques mots de certaines expressions mixtes où les contraires sont associés; ces expressions sont fréquentes et presque toutes ont une signification mauvaise. Parmi ces expressions mixtes, je signalerai en premier lieu celle de l'incertitude; état oscillant de l'âme qui hésite entre deux partis opposés ou seulement différents l'un de l'autre. Cette hésitation est traduite très-naturellement par des mouvements alternatifs du corps.

Supposez un chien affamé auquel on présente quelque pâtée savoureuse. Il se précipite sur elle; mais elle est trop chaude, elle est bouillante; à peine y a-t-il touché, qu'il recule subitement; mais à mesure qu'il s'éloigne, l'impression et la crainte de la douleur s'effaçant, le désir se réveille. Le chien s'approche de nouveau, bien qu'avec plus de précautions; mais la pâtée n'est pas encore refroidie. Il recule donc une seconde fois pour se rapprocher encore, le regard toujours fixé sur l'objet désiré; ainsi alternativement poussé par son désir et retenu par la crainte, il oscille entre deux sentiments opposés. Ces mouvements d'incertitude prosbolique traduisent dans un sens métaphorique les incertitudes de l'esprit dans des circonstances toutes morales; mais ces incertitudes sont surtout propres à certains caractères, rappelant l'apologue philosophique de l'âne de Buridan, mi-parti entre deux prés et se laissant mourir de faim, ne pouvant se décider à brouter l'un plutôt que l'autre. Ils laissent passer cette occasion rapide, *occasio præceps*, qu'il faut savoir, d'une main légère et décidée, saisir aux cheveux.

Rien n'est plus intéressant pour le physionomiste que de considérer un homme qu'un désir sollicite en même temps qu'il est retenu par quelque raison cachée. Tantôt le désir est plus fort, notre homme se décide; en un instant son parti est pris, il part. Mais tout à coup les remontrances de la raison deviennent plus vives; il s'arrête alors et revient sur ses pas. Au bout de quelques instants, il ne tient plus en place, un lutin capricieux le tourmente. Était-il couché, il se lève; levé, il se recouche; il se tourne sans cesse de gauche à droite, et réciproquement. Tantôt il étend ses jambes, tantôt il les replie. Il ouvre les yeux et l'instant d'après les referme pour les ouvrir encore. Il regardait d'un côté en se fixant à un avis, l'instant d'après son avis change, et il se retourne du côté opposé; de là une inquiétude générale qui semble retentir dans les nerfs du système cutané. Il se gratte spécialement au-dessus des oreilles, bien qu'il n'y éprouve aucune démangeaison. Il se ronge les ongles; il piétine, il tourne sur lui-même, ne pouvant ni agir ni trouver le repos. Que de gens, hélas! ont été perdus par cette affreuse folie de l'incertitude!... Mais les expressions en sont frappantes; elles intéressent à la fois le physionomiste philosophe et l'acteur comique. La peinture et la sculpture, dont les créations sont immobiles, éprouvent à les rendre des difficultés qui ne sauraient être vaincues que par ces artifices que seul peut inventer le génie.

Les expressions mixtes et contradictoires sont le plus

Digitized by Google

souvent désagréables et parfois repoussantes; telles sont les formes de l'orgueil et de l'envie. Elles n'ont, à coup sûr, rien d'aimable, et nuisent à la beauté du visage en troublant l'homogénéité de ses mouvements.

Qu'est-ce que l'orgueil? Vous m'accorderez, messieurs, que c'est un extrême contentement de soi-même. L'œil, dédaignant ce qui l'entoure, se cache comme dans un rêve; les narines flairent quelque parfum idéal; la bouche exécute des mouvements de déglutition satisfaite; aussi est-il connu de vous tous que les orgueilleux se rengorgent; ils se redressent avec dignité, et parfois leur sourcil contracté légèrement exprime une sorte de menace à l'adresse de ceux qui pourraient méconnaître cette dignité. Ces attitudes sont quelquefois portées au point de rappeler certains oiseaux étalant fièrement leurs grâces, et l'on a pu dire, sans exagération, que les orgueilleux font la roue, remarque que les caricaturistes ont fort habilement exploitée. L'orgueil fait en général sourire la bouche; mais ce sourire, dépourvu d'homogénéité, est légèrement répulsif; les coins des lèvres sont insensiblement abaissés, et tous ces mouvements nous disent clairement qu'au moment même où se produit cette expression de dégustation satisfaite dont nous avons parlé, un sentiment de dédain des choses extérieures accompagne ce contentement intime; en un mot, l'orgueilleux se déguste lui-même, mais il goûte peu les autres, et, quand ces mouvements se produisent sur une tête peu intelligente, ils apparaissent comme la forme naturelle d'une suprême sottise.

Quand, au contraire, le visage est intelligent et beau, le tableau peut se modifier en quelques points; le sourrire de la bouche est plus apparent que le dédain; si alors l'œil consent à se diriger, à s'arrêter sur autrui, et si en même temps la tête s'incline un peu, ces modifications légères changeront les formes de l'orgueil simple en une expression de condescendance, et cette expression deviendra pour quelques personnes l'indice de la noblesse et de la dignité. Je pourrais retrouver aisément le dessin que j'ai essayé de tracer ici dans une foule de portraits du temps de Louis XIV.

Mais si, au lieu de cette attention, qui exprime un commencement de bienveillance, des mouvements de légèreté sautillante et étourdie se mêlent aux mouvements qui racontent métaphoriquement une satisfaction intime de soi-même, il en résultera une expression insupportable à tout homme de bon sens et de goût, celle de fatuité.

Quel que soit le prestige que de semblables expressions puissent exercer sur l'opinion des pauvres d'esprit qui abondent sur la terre, elles ne méritent que le mépris du sage; quelle que soit l'idée que les modes attachent à ces formes de l'orgueil dans l'opinion du vulgaire, ce fantôme s'évanouira devant une physionomie forte, franche et bienveillante à la fois, exprimant, suivant le principe chrétien, une estime des autres égale à celle qu'on fait de soi-même. Forme visible d'une âme parfaite, cette physionomie est belle au-dessus de toutes les autres, car la vraie, l'immortelle beauté sur la terre n'est autre chose que la perfection de l'âme rendue sensible par la forme vivante.

J'ai parlé des formes de l'orgueil; mais, parmi les expressions mixtes, il en est de plus tristes encore, telles sont celles de l'envie. L'envie est le désir furieux d'une chose qu'on ne possède pas, désir mêlé de haine, eu égard à celui qui la possède. Haine et désir, y eût-il jamais d'association plus discordante? Mais, comme cette discorde intime est éloquemment exprimée! Cet œil ouvert, ardemment et symboliquement fixé sur l'idée de chose désirée, mais regardant de côté sous un sourcil contracté, foudroyant, pour ainsi dire, celui qui la possède; ce sourire, ébauché dans les joues, mais que démentent énergiquement ces mâchoires qui se contractent, ces narines et ces lèvres qui répudient, cette respiration agitée, symbole d'une souffrance parfois horrible, qui dessèche les chairs, jaunit le teint et fait rétracter les mains crispées; tout cela ne raconte-t-il pas clairement ces tendances incompatibles de l'âme, troublant l'être dans ses profondeurs les plus intimes?

N'admirez-vous pas, messieurs, cette harmonie qui lie naturellement le bonheur à la vertu et la souffrance aux passions mauvaises?

Je n'insisterai pas sur les expressions du rire faux : l'ironie est la gaieté de la haine; la moquerie est celle du mépris.

Signalons encore un autre exemple d'expressions mixtes, et décrivons la physionomie du trompeur.

Le trompeur agit évidemment sous la double influence d'un intérêt et d'un calcul. Il éprouve un sentiment et veut paraître en ressentir un autre tout contraire. Un sentiment vrai, quel qu'il soit, a des expressions homogènes et franches; tous les mouvements n'expriment alors qu'un même instinct commun et tout spontané. Or, la situation, n'étant point instinctive, exige un certain degré d'attention. Mais l'attention est exclusive dans son objet; elle peut, à la vérité, modifier les mouvements d'un organe; mais ce que cet organe volontairement modifié raconte alors, est démenti par des expressions spontanées de tous les autres.

Le trompeur regarde très-rarement en face; son regard est oblique, ou du moins voilé; s'il désire une chose, il feint de s'en éloigner; mais s'il s'éloigne en effet, une courbe savamment calculée l'y ramène. On dit fort bien un caractère droit, un caractère tortueux; et, en effet, les déterminations franches vont droit devant elles; le trompeur, au contraire, comme un renard qui s'approche d'un poulailler, ondule; il cherche à détourner l'attention de sa victime pour agir sans être vu, ou même soupçonné; il caresse d'une main, et, pendant qu'on croit à sa caresse, il poignarde de l'autre. Boileau dit avec une noble indépendance :

J'appelle un chat un chat, et Rollet un fripon.

Digitized by Google

Le langage du trompeur a d'autres allures. Il flatte celui qu'il veut dépouiller; il parle d'abord le langage que, dans la fable du *Renard et le Corbeau*, la Fontaine attribue au renard, et, quand sa ruse a réussi, il se moque de sa victime. Quand l'homme du peuple est l'objet de sollicitations doucereuses, sous lesquelles il croit trouver quelque intérêt égoïste, il dit très-énergiquement : « Vous voulez m'entortiller ! » comme s'il devinait le serpent sous ces caresses; et, en effet, les regards, la voix et le corps du trompeur ont des ondulations félines : il est caressant, son regard vous endort, ses paroles vous flattent; il exerce sur vous cette fascination que l'opinion commune attribue au regard des reptiles. Mais, comédien maître en tout cela, il n'éblouira point un œil clairvoyant. En effet, son attention, je le répète, ne peut commander à la fois à tous les traits du corps et du visage. Ses mouvements sont lents, calculés. Il vous regarde de côté; de ce côté, la face vous sourit, l'œil à demi fermé. C'est l'œil du côté opposé qui vous regarde, et, de ce côté, la narine soulevée se moque de vous. Parfois, les deux yeux vous considèrent; mais la bouche souriante manque de symétrie; les ailes du nez vous dédaignent. Tout cela ne vous dit-il pas clairement le mépris du fripon pour l'homme qu'il veut tromper? Expression double de la physionomie : caresse volontaire, calculée, et mépris instinctif et réel, voilà ce que vous appelez du nom de duplicité.

Je ne puis, messieurs, multiplier ici les exemples. Je dépasserais, avec la limite de votre attention et de mes forces, les bornes d'une conférence. Mais j'en aurai assez dit, si j'ai pu vous faire comprendre que tous ces mouvements de la physionomie, qu'ils soient employés dans un sens direct, symbolique ou métaphorique, expriment de la façon la plus simple et la plus naturelle les sentiments qui naissent des sensations, de l'imagination et de l'intelligence.

Permettez-moi de terminer par quelques remarques nécessaires.

1° En premier lieu, il résulte de tous les faits que j'ai rappelés que les sens, l'imagination et la pensée elle-même, si élevée, si abstraite qu'on la suppose, ne peuvent s'exercer sans éveiller un sentiment corrélatif, et que ce sentiment se traduit directement, sympathiquement, symboliquement ou métaphoriquement, dans toutes les sphères des organes extérieurs, qui le racontent tous, suivant leur mode d'action propre, comme si chacun d'eux avait été directement affecté.

2° Cette proposition est incontestable, mais sa réciproque n'est pas moins vraie. En effet, les mouvements et les attitudes du corps, lors même qu'ils résulteraient de certaines causes fortuites, éveillent des sentiments corrélatifs, et, par leur intermédiaire, influent sur les mouvements de l'imagination et sur les tendances de l'âme elle-même. Je ne m'arrêterai point à démontrer cette vérité, que l'étude des phénomènes du sommeil et du somnambulisme a depuis longtemps mise hors de doute, mais j'en déduirai une conséquence utile; si de nos attitudes naissent des instincts, on comprendra combien la physiologie elle-même justifie l'importance que, chez les gens honnêtes, on attache aux bonnes manières; les bonnes manières sont les formes de la vertu, et celui qui, dès l'enfance, a contracté l'accent du bien, ne parlera jamais facilement le langage du mal.

3° De ce que nous venons d'indiquer, il résulte clairement que ces formes sont actives sur l'être qu'elles manifestent. Ajoutons qu'elles sont actives hors de lui. La vue de la joie inspire l'idée de la joie, et cette idée, s'emparant de l'âme, rend joyeux; la vue des expressions de la douleur impose une souffrance; elle opprime le cœur qu'elle fait palpiter. Fait-on devant vous quelque effort prolongé, comme ceux que la toux détermine, vous vous associez sympathiquement à cet effort. Les philosophes et les physiologistes ont, à l'envi les uns des autres, apporté des preuves merveilleuses de ces sympathies. Malebranche raconte qu'une jeune servante, assistant un chirurgien qui pratiquait une saignée au pied de son maître, ressentit au moment où la lancette piquait la peau une douleur si aiguë à son propre pied, qu'elle ne l'eût pas été davantage si l'on eût opéré sur elle-même. J'ai moi-même été témoin d'un pareil cas. Un jeune élève en droit, assistant pour la première fois de sa vie à une opération légère (le chirurgien excisait une petite tumeur à l'oreille d'un malade), ressentit au même instant une douleur si vive à l'oreille, qu'il y porta involontairement la main en poussant un cri. Ajoutez que l'injustice que subit un autre homme vous révolte; et remarquez la perfection des langues : ces sentiments, ces douleurs communiquées, je dirais presque contagieuses, s'appellent sympathie, compassion, souffrance avec, ou misère du cœur, miséricorde ! Et, en effet, ces expressions de la douleur mordent le cœur; elles troublent les viscères, et c'est avec raison que, pour exprimer l'insensibilité morale d'un homme, on dit de lui qu'il n'a pas de cœur, qu'il n'a pas d'entrailles. Cette compassion, cette charité, s'adresse à tout ce qui souffre; elle s'éveille partout où la douleur crie; elle se manifeste par le succès toujours croissant de ces sociétés protectrices qui, à l'honneur de la civilisation, font une guerre sainte à tous les artisans de douleur.

Grâce à ces expressions, grâce à ces sympathies divines, le sentiment de l'humanité s'éveille et protége le monde. L'animal n'est ému que par les choses présentes; mais l'intelligence n'a pas de limites, et les sympathies de l'homme embrassent l'univers; et voilà comment, du nord au midi, de l'orient au couchant, du commencement à la fin de l'histoire, la force qui opprime, la force brutale est maudite, quand elle ne s'est pas fait la servante de l'éternelle justice.

Messieurs, en terminant cette conférence, trop longue sans doute, je devrais m'excuser d'avoir tenu si longtemps votre attention captive; mais votre bienveillance m'a encouragé. Grâce à elle, en vous quittant, je pour-

Digitized by Google

rai peut-être, sans trop de présomption, emporter et *caresser* l'idée que les propositions qui vous ont été soumises ont été *goûtées* par votre intelligence.

P. Gratiolet.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

### COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### X, XI et XII.

**De l'absorption intestinale (suite) ; pourquoi le curare n'est pas toxique dans le canal intestinal.**

La question qui nous préoccupe, on ne l'a pas oublié, c'est de savoir pourquoi le curare est inoffensif dans le canal intestinal, tandis qu'il est très-fortement toxique sous la peau. Nous avons déjà constaté, il est vrai, que cette innocuité du curare dans l'intestin n'est pas absolue, car le curare peut être toxique même dans l'intestin lorsqu'on expérimente sur un animal à jeun ; mais même dans ce cas, il faut toujours une quantité de poison bien plus considérable que si l'on opérait sous la peau. C'est là une observation dont il faudrait tenir grand compte si l'on administrait le curare comme médicament dans le canal intestinal.

Un premier point qu'il serait fort intéressant de déterminer, c'est la quantité exacte de curare nécessaire pour empoisonner un animal par le canal intestinal. Sans pouvoir, pour le moment, décider la question d'une manière complète, M. Claude Bernard est cependant en mesure d'établir expérimentalement, comme il vient de le dire, qu'il faut dans l'estomac une dose relativement énorme si on la compare à ce qu'il faut pour empoisonner sous la peau. Voici en effet deux chiens d'assez petite taille, et tous les deux à jeun depuis deux jours, qui ont reçu ce matin même, l'un 2 centigrammes et l'autre 5 centigrammes de curare, quantités plus que suffisantes pour tuer des chiens même beaucoup plus gros, si elles étaient injectées sous la peau. On voit cependant que ces animaux n'ont ressenti et ne ressentent encore aucun effet toxique.

Nous avons déjà dit qu'on pouvait expliquer par trois hypothèses différentes cette innocuité au moins relative du curare dans le canal intestinal. La première, c'est que le curare est absorbé lentement, de telle sorte que l'élimination balance à peu près l'absorption, et qu'il ne se trouve jamais à la fois dans le sang une quantité de curare suffisante pour produire des effets toxiques. La seconde, c'est que les sucs digestifs neutraliseraient les effets du curare d'une manière quelconque, par exemple, en formant avec cette substance une combinaison insoluble, échappant dès lors à l'action de l'absorption. Enfin la troisième hypothèse, c'est que le curare ne serait pas absorbé du tout, bien qu'il reste soluble dans l'eau, parce que les propriétés particulières de la muqueuse intestinale rendraient cette absorption impossible.

Entre ces diverses hypothèses, c'est l'expérience qui doit prononcer, et voici comment M. Claude Bernard a opéré. Il a fait prendre à un chien en deux jours une quantité de curare, variant de 2 à 3 grammes, mais en ayant soin de ne jamais donner le poison que pendant la digestion. Non-seulement l'animal ne mourut pas, mais il n'éprouva même aucun malaise. Le curare est donc très-certainement inoffensif dans l'estomac à l'état de digestion, puisqu'on peut en faire absorber ainsi des quantités énormes sans que la mort en résulte. Hier, ce chien a été sacrifié pendant qu'il était en train de digérer des aliments mêlés de curare, et l'on a recueilli tous les liquides du canal intestinal, le suc gastrique, la bile, le liquide intestinal, les urines, etc. Ces liquides sont tous éminemment toxiques, bien que l'animal qui les contenait n'eût été aucunement empoisonné. En effet, voici d'abord une grenouille à laquelle nous injectons sous la peau du suc gastrique extrait de notre chien, et elle meurt très-rapidement en présentant tous les caractères de la mort par le curare. En voici une autre à laquelle nous injectons de l'urine du même animal, et elle meurt comme la première.

Quant à la bile, M. Claude Bernard avait supposé qu'elle pouvait peut-être précipiter le curare dissous dans le suc gastrique. Lorsqu'on verse de la bile dans le suc gastrique qui s'écoule de l'estomac, il se produit en effet un précipité, et on pouvait supposer dès lors que le curare se trouvait dans ce précipité ; il se serait formé, par exemple, une combinaison de la curarine avec les acides de la bile, en admettant que le curare se comporte ici comme un alcaloïde. On a donc filtré pour séparer le précipité et voir si le curare s'y trouvait retenu insoluble sur le tissu. L'expérience prouve que non, car la liqueur qui passe reste toxique après cette filtration. Voici en effet une grenouille à laquelle nous injectons ce liquide sous la peau, et elle meurt bientôt; en l'ouvrant, nous constatons immédiatement que son cœur bat encore, et nous allons voir que les propriétés de l'élément nerveux moteur ont disparu : double caractère de la mort par le curare, que nous retrouverons dans toutes les circonstances, et qui nous servira de moyen de diagnostic. C'est déjà la seconde fois que M. Claude Bernard fait cette expérience, et il la renouvellera pour mettre ses résultats hors de toute contestation. Reste, il est vrai, une dernière objection possible : ce serait de dire que, s'il y a encore du curare dans la liqueur après la filtration, c'est que la quantité de bile que nous y avons versée ne suffisait pas à précipiter tout le curare qui s'y trouvait avant cette filtration. Mais l'objection tombe devant ce fait, que le liquide intestinal, au-des-

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9 et 10.

Digitized by Google

sous du déversement de la bile, présente des caractères toxiques très-évidents.

Voici donc un animal qui a vécu pendant deux jours, ayant dans son corps tous ces liquides dont nous venons de constater les propriétés toxiques, et qui, cependant, n'en éprouvait pas les effets. Cette expérience détruit à la fois deux des hypothèses que nous avons posées en commençant. En effet, le curare a conservé ses propriétés toxiques tout le long du canal intestinal, puisque nous venons de voir mourir, avec les caractères propres à ce poison, des grenouilles soumises à l'influence des liquides recueillis aux divers points de ce canal. D'un autre côté, il est bien certain qu'il a été absorbé, car nous le retrouvons dans les urines, et toujours avec ses caractères toxiques ordinaires. De nos trois hypothèses, deux étant péremptoirement écartées, il ne nous reste plus à invoquer que la troisième, à savoir, que l'absorption ayant lieu trop lentement, l'élimination la balance à peu près et enlève le poison au fur et à mesure de son introduction dans l'organisme. C'est donc sur cette dernière hypothèse que doivent se concentrer nos efforts, et il s'agira d'en vérifier expérimentalement l'exactitude.

En ce qui concerne le curare, il est parfaitement certain qu'on peut manger les animaux qu'il a servi à empoisonner, sans s'exposer pour cela au moindre accident. Le chien sur lequel nous venons d'opérer avait ingéré en effet beaucoup plus de curare que n'en peut contenir la chair d'un animal tué à la chasse par une flèche imprégnée de cette substance; et cependant il ne présentait aucun symptôme d'empoisonnement.

Mais est-il nécessaire pour qu'on puisse manger impunément un animal empoisonné que le poison employé soit inoffensif dans l'intestin comme le curare? M. Claude Bernard ne le croit pas. Le poison fût-il de nature à produire ses effets, même dans l'intestin et à petites doses, on pourra parfaitement manger l'animal qu'il a servi à tuer, pourvu qu'on se borne aux parties qu'on mange seules d'ordinaire, c'est-à-dire les chairs. En effet, M. Claude Bernard a nourri autrefois des chiens avec des lapins qu'il empoisonnait par la strychnine, la morphine, l'arsenic et divers autres poisons. Cela se comprend du reste, parce que le poison qu'on emploie pénètre assez peu dans le sang, et bien moins encore dans les chairs : celles-ci, dès lors, n'en contiennent pas une quantité suffisante pour devenir toxiques. C'est ainsi que les poules nourries avec les chairs de grenouilles empoisonnées, par la nicotine par exemple, mangent très-bien ces chairs sans éprouver aucun effet toxique, tandis qu'elles meurent lorsqu'elles avalent les intestins, parce que ces organes retiennent une bien plus grande quantité de poison.

D'après ce que nous avons vu précédemment, il n'y a donc plus qu'une seule explication possible de l'innocuité du curare dans le canal intestinal, c'est la lenteur de l'absorption dans ce canal. D'un autre côté, nous constaterons plus tard que le curare exagère les sécrétions et les excrétions. L'urine s'écoule plus abondante. Le curare doit donc être éliminé beaucoup plus vite et plus facilement que les autres poisons, par suite de cette action spéciale qu'il exerce sur les sécrétions.

Quand on donne 5 centigrammes d'un médicament à un malade, il ne faut pas oublier que ces 5 centigrammes ne seront jamais à la fois dans le sang, et dès lors il faut savoir que ce qui agit, ce n'est pas la quantité de médicament que l'on donne, mais la quantité qui se trouve à la fois dans le sang. En effet, dès qu'une certaine dose de substance existe dans le sang, il serait absurde de prétendre qu'elle n'y produira pas les mêmes actions, quelle que soit d'ailleurs la voie par laquelle elle avait été introduite. L'effet toxique ou médicamenteux d'une substance quelconque ne dépend donc pas de la quantité de cette substance que l'on donne au sujet, mais de la quantité qui passe dans le sang et même de la quantité qui y passe dans un temps donné.

A ce point de vue, l'endroit où l'on applique le poison n'est donc pas indifférent, car suivant que cet endroit sera plus ou moins vasculaire, l'absorption se fera plus ou moins rapidement, et introduira dès lors dans le sang, pendant un temps donné, des quantités de matière fort variables.

L'absorption la plus active de toutes est celle qui se produit par les poumons. Cela se comprend, du reste, très-facilement, car le poison introduit par les poumons pénètre directement dans le système artériel, qui l'amène de suite en contact avec les éléments histologiques qu'il doit frapper. L'effet est moins rapide dans toutes les autres surfaces, excepté lorsqu'on injecte directement la substance dans la veine jugulaire. Vient ensuite l'absorption des séreuses et du tissu cellulaire sous-cutané, la seconde étant d'ailleurs plus facile à régler que la première. Nous trouvons enfin l'absorption de la muqueuse intestinale et celle de la vessie, qui est la moins active de toutes. Ainsi, en donnant, par exemple, 2 ou 3 milligrammes de curare, dans les poumons, à un gros lapin, on obtiendra un effet toxique, tandis que cette même dose n'aura que très-peu ou pas d'influence dans le tissu cellulaire sous-cutané, et n'en aura pas du tout dans le canal intestinal. Le chien sur lequel nous venons d'opérer nous prouve effectivement qu'on peut avoir dans l'estomac et les intestins des quantités de poison considérables, sans en ressentir aucun effet funeste.

Il peut en être de même d'une substance médimenteuse, qui resterait tout à fait inactive dans l'estomac, parce que son absorption n'aurait pas lieu en quantité suffisante. Toute la thérapeutique doit prendre pour base des considérations de ce genre. Dans certaines conditions, en effet, l'intestin peut être parcouru par des substances toxiques qui ne produisent aucun effet sur le corps. Les médecins ne se préoccupent pas toujours assez de cette questien, et c'est pour cela qu'ils sont tout étonnés de voir leurs médicaments tantôt agir et

Digitized by Google

tantôt ne pas agir, ou bien agir rapidement dans un cas et fort lentement dans l'autre, quoique la dose n'ait point varié.

L'influence de l'état de digestion ou d'abstinence est surtout très-considérable à cet égard. Quand on parle de l'effet produit par une certaine dose de médicament, il faut donc toujours sous-entendre que les conditions d'absorption restent d'ailleurs exactement les mêmes.

Voici les grenouilles auxquelles nous avons injecté sous la peau des liquides extraits de notre chien, et l'on voit qu'elles sont mortes assez rapidement sous l'influence de ces liquides. M. Claude Bernard fait remarquer à ce sujet que le physiologiste est toujours entouré dans ses expériences de tant de causes d'erreur, qu'il doit être préoccupé sans cesse d'écarter autant qu'il le peut ces causes d'erreur si multipliées.

Or, dans les expériences que nous faisons sur ces grenouilles pour vérifier les propriétés toxiques des liquides extraits de notre chien, il y a des causes d'erreur possibles, et qui doivent dès lors appeler notre attention. En effet, les grenouilles sont très-sensibles à l'action des poisons, et notamment elles périssent très-bien sous la seule influence de la bile des animaux supérieurs. On pourrait donc nous objecter que dans toutes nos expériences, c'est tout simplement la bile, et non le curare, qui tue ces grenouilles.

Nous avons dû faire des expériences comparatives, et nous avons vu que la mort par la bile se distingue nettement de la mort par le curare; d'abord, elle ne se produit que très-lentement, et exige toujours plusieurs heures au moins, tandis que la mort par le curare est très-rapide; puis elle laisse intactes les propriétés des nerfs moteurs, que le curare détruit complétement. Il est donc facile de déterminer à laquelle de ces deux substances est due la mort de la grenouille.

L'urine est aussi une substance toxique pour les grenouilles, quand elle est suffisamment concentrée et qu'on l'injecte sous la peau; mais dans ce cas encore on peut établir que la mort est bien due à l'action du curare, car on constate l'existence de tous les caractères distinctifs de la mort par ce poison. Quand on fait des expériences physiologiques, il faut toujours avoir soin d'éliminer ainsi l'influence de toutes les conditions qui peuvent modifier les phénomènes, excepté celle sur laquelle on expérimente, et dont on veut apprécier l'importance et les variations. Autrement, toutes les expériences que l'on peut faire n'ont aucune valeur démonstrative, parce que leurs conditions ne sont pas suffisamment précisées.

Pour confirmer les résultats que nous venons d'obtenir sur des grenouilles, nous allons répéter les mêmes expériences sur des oiseaux. Voici un moineau auquel nous injectons un centimètre cube de la liqueur contenant le suc gastrique du chien empoisonné par le curare. Il meurt bien plus vite que la grenouille soumise à la même injection, ce qui tient à la rapidité particulière de l'absorption chez les oiseaux. Toutes les différences que nous pouvons observer se ramènent toujours à cela et s'expliquent de même. Ainsi, ce sont encore des raisons de ce genre qui font que les grenouilles sont empoisonnées beaucoup plus lentement en hiver qu'en été, ou quelquefois même qu'elles ne le sont pas du tout, lorsque la température est assez basse.

Nous avons procédé pour éclaircir cette question, comme on doit toujours le faire dans les recherches physiologiques, c'est-à-dire que nous sommes partis des faits pour imaginer des hypothèses propres à en rendre compte, et que nous avons ensuite confirmé ces hypothèses par des expériences. Mais tant que l'expérience n'a pas démontré d'une manière complète l'exactitude d'une hypothèse, on est toujours exposé à se tromper en l'adoptant, car on a pu négliger certaines conditions dont on ne connaissait pas l'importance, ou même l'existence.

En résumé, les expériences que nous avons faites nous mènent à cette conclusion, que le curare est une substance qui n'est pas toxique dans le canal intestinal, même à très-forte dose, pendant l'état de digestion, et qu'il ne l'est à l'état d'abstinence qu'à la condition d'en donner encore des quantités fort considérables. Nous avons établi également que l'explication de cette innocuité ne peut se trouver ni dans la non-absorption du curare, puisqu'on le retrouve dans les urines avec toutes ses propriétes toxiques, ni dans la formation d'un précipité insoluble par suite de la combinaison du curare avec des sucs digestifs, puisque tous les liquides organiques extraits des diverses parties du canal intestinal sont parfaitement toxiques, et présentent tous les caractères du curare. Cela doit donc tenir à ce que l'absorption est trop lente, et probablement aussi, — ce que nous vérifierons plus tard, — à ce que l'excrétion urinaire est très-fortement activée, ce qui fait marcher l'élimination beaucoup plus rapidement que d'ordinaire.

Ce que nous avons donc à faire désormais, c'est de chercher dans le sang la quantité de curare qui peut s'y trouver pour la mettre en évidence. En effet, il est impossible d'admettre dans l'état actuel de la science que le curare passe du canal intestinal dans les urines sans traverser le sang. Telle est la donnée qui doit nous servir de point de départ, et nous en confirmerons sans doute une fois de plus l'exactitude, à moins que nous ne fassions une grande découverte, tout à fait inattendue, comme serait par exemple celle d'une communication directe entre la vessie et les intestins dont on a supposé autrefois l'existence.

En mettant à part cette hypothèse tout à fait improbable, il faut bien reconnaître que le curare introduit dans le canal intestinal a dû traverser le sang pour arriver jusqu'à la vessie. Il le traverse, en effet, mais il ne ne fait que cela et n'y séjourne point.

Même quand l'animal meurt sous l'influence du curare, son sang n'est point toxique pour cela. On injecte

Digitized by Google

en effet sous la peau d'un rat, animal très-sensible à l'action du curare, trois centimètres cubes de serum d'un lapin tué par ce poison, et le rat ne meurt pas le moins du monde, ce qui prouve bien que le serum ne contenait pas de curare en quantité suffisante pour que les absorptions aient pu tuer cet animal.

Il y a d'ailleurs toutes sortes de raisons pour que l'absorption soit plus lente dans le canal intestinal. En effet, une bonne partie du poison absorbé le long des voies digestives passe dans la veine porte qui le conduit au foie, où il doit traverser un réseau capillaire qui n'admet qu'une circulation fort lente. En sortant de ce réseau, il est repris par les veines hépatiques qui l'amènent à la veine cave inférieure, et celle-ci le conduit au cœur droit, d'où il doit seulement aller aux poumons, et y traverser encore un nouveau réseau capillaire, avant de revenir au cœur gauche, qui le lance enfin dans le système artériel, et lui permet ainsi d'aller exercer son action sur les éléments histologiques placés à l'extrémité de ce système. Un circuit aussi compliqué est évidemment fort long à parcourir; et d'ailleurs, lorsque le curare arrive aux reins, il exalte sans doute les fonctions de ces organes, détermine ainsi une production d'urine plus abondante, et par suite fait passer une grande partie du poison dans la vessie, où il s'accumule sans aucun danger, car la muqueuse qui tapisse l'intérieur de cet organe se prête excessivement peu à l'absorption du curare. Voilà donc des raisons anatomiques à l'appui de notre manière de voir, et tous les faits physiologiques que nous avons constatés jusqu'ici s'accordent avec ces considérations. Cependant ne nous hâtons pas trop de croire à cette explication; avant de l'admettre d'une manière définitive, il faut en démontrer la réalité par des expériences tout à fait décisives.

C'est ce que nous allons faire prochainement; mais auparavant, il nous reste encore à indiquer une nouvelle condition de l'absorption intestinale que vient de nous révéler une expérience toute récente.

Le résultat des recherches que nous avons faites jusqu'ici sur l'action toxique du curare dans le canal intestinal, c'est, d'un côté, que l'empoisonnement peut avoir lieu à jeûn, mais avec une dose bien plus considérable que celle qui est nécessaire quand on opère dans le tissu cellulaire sous-cutané, et de l'autre côté qu'à l'état de digestion l'empoisonnement ne se produit pas même en donnant plusieurs grammes, tandis que 5 centigrammes suffisent largement, sous la peau, pour tuer un chien de moyenne taille.

Cependant M. Claude Bernard vient de faire, la veille même de cette leçon, une expérience qui lui a donné des résultats tout différents. Un chien, en état de digestion et à la fin de la digestion, de même taille d'ailleurs que les précédents, a reçu 2 grammes de curare dans l'estomac; sans doute il n'est pas mort sous l'influence de cette dose, mais il a subi des effets toxiques très-marqués, et il n'est revenu à lui qu'au bout d'une demi-heure environ. Puisque nous avons dit que deux expériences ne peuvent jamais être contradictoires et que la différence des effets suppose nécessairement la différence des conditions dans lesquelles on opérait, nous devons expliquer ici pourquoi le résultat de cette expérience n'a pas été le même que celui des expériences précédentes.

Les chiens sur lesquels nous avons opéré auparavant ont bien reçu comme celui d'hier 2 grammes de curare dans l'estomac. Mais cette quantité de poison était dissoute dans 200 à 250 grammes d'eau, tandis qu'hier il n'y avait que 20 ou 25 grammes d'eau, c'est-à-dire dix fois moins. La concentration de la liqueur toxique était donc très-différente dans les deux cas, et on conçoit très-bien que cette circonstance puisse exercer une influence notable sur les résultats.

C'est donc encore une condition nouvelle à introduire dans l'étude de l'absorption intestinale, et on voit ainsi qu'il n'est pas indifférent du tout, en administrant un médicament, de le diluer dans une petite quantité d'eau ou dans une quantité plus considérable.

Nous avons déjà vu qu'il en est ainsi pour l'absorption sous-cutanée, et voici à ce sujet une expérience qui mérite de fixer un instant notre attention. Le lapin que vous voyez ici a reçu ce matin, sous la peau de la patte, 2 centigrammes de curare dissous dans un centimètre cube d'eau. Quatre minutes et demie après cette opération, on a lié la patte au-dessus de la piqûre, puis on coupa la patte empoisonnée. L'animal fut pris des effets toxiques au bout de sept minutes environ, c'est-à-dire deux minutes après l'amputation de la patte; il est inutile de vous dire qu'il en revint, puisque vous le voyez ici sain et sauf. Il est évident que dans ce cas on ne peut plus admettre la continuation de l'absorption à travers la ligature, puisque le membre lui-même a été enlevé. Au bout de quatre minutes et demie, l'absorption extérieure était donc déjà opérée dans des proportions fort notables, et il y avait déjà dans le sang assez de curare pour produire un empoisonnement au moins momentané. Mais l'absorption intérieure, celle qui s'opère sur les éléments histologiques qui doivent être atteints, celle-là n'avait pas encore eu lieu, et c'est au moment où elle s'est produite d'une manière suffisante que les symptômes toxiques sont apparus.

Ces effets dépendent du degré de concentration de la liqueur toxique employée. Nous avons vu précédemment qu'on ne peut jamais répondre de sauver l'animal par une ligature du membre empoisonné, si la dissolution employée était trop concentrée.

Voilà donc un premier point : la quantité de liquide dans laquelle est dissoute une dose donnée de poison est une des circonstances qui influent sur les effets de ce poison. Mais M. Claude Bernard voudrait chercher aussi si l'étendue de la surface d'absorption n'exerce pas également une certaine influence sur les résultats. En un mot, l'absorption serait-elle plus rapide avec une sur-

Digitized by Google

face d'absorption double et un liquide toxique moitié moins concentré ou avec un liquide toxique deux fois plus concentré et une surface d'absorption moitié moindre, la quantité absolue de poison administrée à l'animal restant d'ailleurs la même dans les deux cas? Telle est la question à résoudre.

Dans l'estomac, nous ne pouvons jamais être sûr de la surface d'absorption sur laquelle nous opérons, parce que l'interposition des aliments peut rendre complétement inactives, au point de vue de l'absorption toxique, des parties quelquefois fort considérables de la muqueuse stomachale. Il est donc préférable d'opérer dans le tissu cellulaire sous-cutané où les effets sont d'ailleurs mieux isolés et plus rapides.

Ces injections dans le tissu cellulaire sous-cutané ou dans les veines exigent toujours une grande prudence. Pour être sûr de l'exactitude des résultats que nous donnent ces injections, il faut que la blessure produite par l'extrémité de la seringue n'entraîne aucune effusion de sang, car la petite quantité de sang qui s'échapperait ainsi pourrait entraîner une partie notable du poison qu'on vient d'introduire dans la plaie.

On a proposé d'opérer des injections dans les veines sur les malades, dans des cas extrêmes bien entendu : l'injection directe dans les veines se présente comme le moyen le plus énergique et comme l'expédient le plus commode. Cependant M. Claude Bernard croit qu'en pareil cas il vaudrait encore mieux faire absorber le médicament par la surface pulmonaire, ce qui ne présente aucune difficulté, car il suffit de percer la trachée au-dessous du larynx avec l'extrémité d'une seringue extrêmement fine, qui introduit ainsi le médicament dans les voies respiratoires. On évite très-facilement de provoquer la toux, seul inconvénient à craindre dans cette opération, en ayant soin de pratiquer cette piqûre au-dessous du larynx, partie des voies respiratoires qui est complétement insensible. L'absorption se produit dans ces conditions d'une manière très-rapide, car cette substance entre alors tout droit dans les artères, où elle doit subir l'absorption organique (1).

M. Claude Bernard croit pouvoir rendre compte de l'innocuité du curare dans l'intestin; mais, avant d'admettre une explication qu'il donne, un savant doit toujours chercher lui-même à la détruire pour voir si elle résistera à cet examen critique, aussi sévère que possible. Il doit surtout bien prendre garde de s'illusionner en écartant les causes de doute. En effet, de ce que nous ne voyons pas d'autre explication possible que celle qui est proposée, il ne s'ensuit pas nécessairement pour cela que cette explication soit bonne, car il se peut que, dans l'état actuel de la science, l'explication véritable ne puisse pas encore être aperçue ni même soupçonnée.

L'absorption, avons-nous dit, est trop lente par le canal intestinal, et il en résulte qu'il n'y a jamais dans le sang assez de curare pour que ses effets toxiques puissent se manifester. Mais il y a un moyen de vérifier l'exactitude de cette hypothèse, c'est de forcer le curare à s'accumuler dans le sang en lui fermant la porte par laquelle il en sortait au fur et à mesure de son introduction. On arrive à ce but en extirpant les reins, qui sont, dans ce cas, le principal organe d'élimination. C'est par des expériences de ce genre qu'on a démontré que l'urée était une excrétion que les reins trouvaient toute formée dans le sang et qu'ils avaient simplement pour fonction d'en séparer, mais qu'elle n'était pas, comme on le prétendait, une sécrétion que les reins formeraient eux-mêmes.

L'expérience se présente très-bien à priori, car il paraît évident que si le curare traverse effectivement le sang d'une manière lente pour se rendre dans la vessie, nous le forcerons ainsi à s'accumuler dans le sang et à lui communiquer ses propriétés toxiques, qui se manifesteront par la mort de l'animal. Mais il se peut aussi qu'il se passe là des phénomènes que nous ne prévoyons pas du tout et qui dérangent totalement nos prévisions. Ainsi, précisément à propos de l'urée, M. Claude Bernard avait entrepris autrefois des expériences pour constater sa présence dans le sang après la néphrotomie ou suppression des reins, et, lorsque cette opération était déjà faite depuis vingt-quatre heures, il ne trouvait encore aucune trace d'urée, ce qui ne laissait pas que de l'étonner beaucoup. C'est qu'en effet l'urée ne s'accumule dans le sang qu'aux derniers temps de la vie; lorsqu'on supprime les reins, elle s'élimine d'abord pendant assez longtemps par l'intestin, ce qui empêche de la retrouver dans le sang. Il pourrait, à la rigueur, se passer quelque chose d'analogue pour le curare. La néphrotomie pourrait peut-être modifier ou ralentir encore l'absorption intestinale.

L'expérience a été faite sur un chien pendant l'intervalle des deux séances, et elle a été couronnée de succès. Un chien de moyenne taille, à l'état de digestion, reçut dans l'estomac un gramme de curare. Cette dose, ainsi administrée, n'est pas toxique à l'état normal, car ce même chien avait subi, quelques jours auparavant, l'action d'une dose plus considérable sans en éprouver aucun mal. Mais cette fois on lui arracha les reins, et il mourut trois heures environ après cette opération, en

(1) Quand on opère l'injection dans les veines d'une substance un peu active, il faut bien se garder d'injecter goutte à goutte d'une manière continue jusqu'à ce qu'on observe le premier symptôme, comptant arrêter alors tout d'un coup les effets propres à la substance en arrêtant immédiatement l'injection. Une telle manière de procéder conduirait toujours à donner une dose complétement toxique, enlevant tout espoir de sauver l'animal. C'est même ce qui est arrivé autrefois à M. Claude Bernard dans ses expériences sur la strychnine. La véritable méthode, c'est d'injecter d'abord une goutte, et d'attendre un certain temps pour constater les effets produits ; puis d'injecter une seconde goutte, et d'attendre de même pendant quelque temps ; et ainsi de suite pour chaque nouvelle goutte que l'on ajoute.

Digitized by Google

présentant tous les symptômes de l'empoisonnement par le curare.

Ainsi, toutes ces propriétés merveilleuses du curare et son innocuité si singulière dans le canal intestinal s'expliquent d'une manière bien simple : par la lenteur de l'absorption dans ce canal. Cette considération, il est vrai, s'applique aussi bien à tous les poisons en général qu'au curare en particulier. Mais ce qui est peut-être spécial à ce dernier, c'est qu'il exagère considérablement les sécrétions et tend, par conséquent, à sortir plus vite du sang, à activer l'élimination, et particulièrement l'élimination urinaire. L'opium, au contraire, ralentit les sécrétions, et, par suite, il tend à s'accumuler de plus en plus dans le sang, de même que le curare tend à s'en échapper.

Peut-être, d'ailleurs, y a-t-il encore d'autres raisons qui expliquent l'innocuité du curare dans le canal intestinal, car ces phénomènes sont si compliqués qu'on ne peut jamais être bien sûr d'avoir déterminé toutes leurs conditions d'existence. Il se pourrait, par exemple, que les matières gommeuses et autres qui se mêlent au curare dans sa fabrication contribuent encore à ralentir son absorption. Nous verrons si, en effet, une circonstance de ce genre exerce une semblable influence. Quand nous nous occuperons de la strychnine, nous comparerons dans ce but l'absorption des sels de strychnine avec celle de l'extrait alcoolique de noix vomique.

Une autre circonstance dont l'influence est incontestable, c'est la présence dans le canal intestinal d'aliments qui se mêlent au curare et le retiennent comme une éponge. Cela est évident par soi-même; cependant M. Claude Bernard a fait des expériences pour le vérifier, car il faut toujours constater par expérience les propositions que l'on avance, et la plus grande faute que puisse commettre un expérimentateur, c'est certainement de conclure sans expérience, fût-ce sur un point qui, à priori, ne paraît pas discutable.

Il ne faut pas oublier que le chien empoisonné à la suite de la néphrotomie par un gramme de curare dans l'estomac, que ce chien, dis-je, était alors en digestion. Dans une autre expérience, 2 décigrammes ont suffi pour empoisonner un chien néphrotomisé pendant l'état d'abstinence, c'est-à-dire au moment où il n'y avait point d'aliment dans l'estomac.

D'ailleurs, M. Claude Bernard avait fait autrefois des expériences fort faciles à répéter et qui font bien comprendre comment les aliments peuvent gêner l'absorption des poisons, surtout chez certains animaux. Ces expériences consistaient à déterminer la place que prennent les aliments dans l'estomac au fur et à mesure de leur introduction, par rapport aux aliments antérieurement ingérés. M. Claude Bernard opérait sur des lapins qu'il nourrissait pendant un jour ou deux avec des aliments verts quelconques, des choux par exemple, puis il leur donnait des aliments dont la couleur tranchait nettement sur celle des précédents, de la carotte, je suppose. Il sacrifiait alors ces lapins, et grâce à l'artifice auquel il avait eu recours, il pouvait très-facilement distinguer les aliments les plus récents de ceux qui avaient été ingérés auparavant. M. Claude Bernard put ainsi constater que les aliments, en arrivant dans l'estomac, se logeaient d'abord tout au centre de la masse alimentaire ancienne, car les lapins n'ont jamais l'estomac vide. Il en résultait que les nouveaux aliments n'avaient à peu près aucun point de contact avec la muqueuse stomacale. Ce n'est que peu à peu que ces aliments venaient à la surface et étaient chassés dans le duodénum où ils subissaient alors d'une manière plus active l'influence absorbante des vaisseaux. Mais pendant un temps assez long, il y avait ainsi entre ces aliments et les parois stomacales une sorte de couche inerte formée d'aliments plus anciens et qui empêchait l'absorption de se produire.

Nous allons réaliser artificiellement sous la peau des conditions fort analogues à celles que nous venons de décrire dans l'estomac. Voici, en effet, un lapin sur lequel nous décollons la peau du dos dans une petite étendue, puis nous glissons entre la peau et le corps de l'animal un petit morceau d'éponge imbibé d'une dissolution de curare assez concentrée et contenant certainement beaucoup plus de poison qu'il n'en faut pour tuer un animal de cette taille, car nous en tuons un autre très-rapidement à côté de celui-ci en lui donnant une dose bien moins considérable dans le même point du corps. Cependant ce lapin ne meurt pas, et à la séance suivante (deux jours après) il vivait encore, bien que l'éponge ne contînt plus alors de curare. Le curare qui imbibait l'éponge avait donc été absorbé, mais il l'avait été d'une manière très-lente grâce à cette sorte de tampon artificiel jouant alors sous la peau le même rôle que les aliments jouent dans l'estomac.

L'action d'une substance toxique ou médicamenteuse ne dépend donc point de la quantité de cette substance qui pénètre dans le sang, mais de la rapidité avec laquelle cette quantité de substance pénètre dans le système veineux, puis arrive au système artériel, qui est seul le vrai milieu organique, comme nous l'avons dit au commencement de ce cours.

Des expériences faites par M. Claude Bernard sur des lapins, il résulte que la limite de la dose active pour un lapin de 2 kilogrammes à peu près est environ 3 milligrammes de curare, quand on injecte sous la peau cette quantité de poison dissoute dans 1 centimètre cube d'eau. Avec cette dose, un lapin de la taille indiquée ci-dessus est à peine affecté, et souvent même l'action n'est pas visible. Avec 4 milligrammes, l'animal est pris d'accidents et meurt quoique assez lentement. Dans l'intestin, cette même dose ne produit aucun effet.

Sur la membrane muqueuse des poumons l'action est encore bien plus active que dans le tissu cellulaire sous-cutané, et 3 milligrammes de curare paralysent l'animal, sans toutefois qu'il en meure. Dans les veines, et en

Digitized by Google

injectant toujours la même dose de 3 milligrammes, l'effet, plus actif encore, sera même rapidement mortel. Cependant la rapidité de la mort sera variable, suivant l'endroit du système circulatoire que l'on choisira. Par exemple, si nous injectons trois milligrammes d'un seul coup dans la veine jugulaire, l'animal mourra très-rapidement, en une minute tout au plus, parce que la dose ayant été introduite tout entière à la fois et dans un seul endroit du système veineux, d'ailleurs très-voisin du cœur et par conséquent du système artériel, l'effet se produira immédiatement dans des proportions très-considérables. Aussi certains vétérinaires ont-ils proposé dans un but d'économie, d'administer ainsi les médicaments aux gros animaux qui par suite de leur volume même ne sont influençables que par des quantités énormes de matière. La même dose de curare injectée de la même manière dans la veine crurale ne produira plus la mort qu'un peu plus tard; et il faudra sept minutes environ si on opère dans la veine porte.

Pourquoi toutes ces différences? — Quand on injecte le curare dans le tissu cellulaire sous-cutané du dos, ou dans divers points où il a un certain espace à parcourir à travers le système veineux, il peut rencontrer dans ce trajet une foule d'obstacles et de causes de perte, avant d'arriver aux poumons et de pénétrer dans le système artériel; il peut ainsi s'en perdre ou s'en égarer en route une quantité assez considérable pour que ce qui pénètre dans le système artériel ne suffise plus à produire l'empoisonnement. Au contraire, lorsqu'on l'injecte dans le poumon, le poison pénètre de suite dans le système artériel. Quand on l'injecte dans la veine jugulaire, l'effet est est encore plus rapide, parce que le poison n'a toujours qu'un très-petit espace à parcourir pour arriver au cœur, puis ensuite au système artériel, et qu'en outre toute la dose arrive d'un seul coup dans le sang. L'empoisonnement par le poumon exige un certain temps nécessaire pour que l'endosmose puisse se produire, et d'un autre côté la dose de curare ne pénètre pas tout entière à la fois dans le sang. Ainsi, trois milligrammes de curare sont toxiques immédiatement dans la veine jugulaire; dans le poumon, ils produisent un effet un peu plus lent, quoique encore très-actif, mais qui n'est pas mortel; enfin l'action devient extrêmement lente dans le tissu cellulaire sous-cutané, quand on interpose entre la peau et ce tissu un morceau d'éponge représentant idéalement les aliments qui garnissent l'estomac.

On peut donc obtenir avec une même dose de curare toutes les variétés d'effet imaginables, depuis l'effet toxique foudroyant jusqu'à l'effet nul. Mais toutes ces variations sont étrangères à l'effet toxique de la substance, ce sont simplement des questions d'absorption.

La question de l'absorption n'est certainement pas épuisée par les considérations que nous avons développées sur l'absorption du curare en particulier; mais nous aurons occasion d'y revenir en traitant de l'absorption des autres substances toxiques, et il est temps d'aborder maintenant l'étude des propriétés physiologiques du curare, c'est-à-dire de l'action qu'il exerce sur les diverses parties de l'organisme vivant.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### CONFÉRENCE DE M. JAMIN.

#### De l'aimant.

L'aimant naturel, ou pierre d'aimant (oxyde de fer magnétique), était connu dès la plus haute antiquité. C'est, dit-on, un berger de l'Asie Mineure qui en aurait fait la découverte au pied du mont Sipyle, non loin de Magnésie. De là le nom de μαγνης donné par les Grecs à la pierre d'aimant. Cette pierre a la propriété d'attirer le fer et quelques autres métaux, tels que le nickel, le cobalt, le chrome, etc.

Il y a deux sortes d'aimants, l'aimant naturel que l'on trouve au sein de la terre, à l'état de minerai de fer, et les aimants artificiels qui résultent de l'aimantation du fer ou de l'acier sous l'influence de la pierre d'aimant. Les anciens ne connaissaient que celle-ci. C'est seulement au XIIIe siècle que l'on reconnut la possibilité de transmettre au fer et à l'acier les propriétés de l'aimant naturel. Mais ces propriétés devaient rester stériles jusqu'au moment où Gilbert, médecin de la reine Elisabeth, vint coordonner les faits déjà acquis à la science et formuler les lois générales du *magnétisme*.

Voici un barreau aimanté. Je le plonge dans un lit de limaille de fer. Aussitôt vous voyez la limaille s'attacher à sa surface et former un faisceau divergent à ses deux extrémités. Cette propriété qu'ont les aimants d'attirer le fer n'est donc pas également distribuée dans toute leur masse. Elle se concentre en deux points opposés que l'on désigne, à cause de leur situation respective, sous le nom de *pôles magnétiques*. Tous les aimants ont deux pôles et une ligne moyenne ou *ligne neutre*.

Il y a, d'ailleurs, une différence capitale entre ces deux pôles. Pour la mettre en évidence, j'ai fait suspendre devant vous deux barreaux aimantés, dont les deux moitiés sont diversement colorées. Actuellement ils sont parfaitement parallèles. Je vais rompre l'équilibre, et vous allez les voir osciller un instant autour de leur point de suspension pour reprendre bientôt leur direction primitive. J'aurais beau répéter l'expérience, vous verriez le même phénomène se reproduire constamment et le parallélisme se rétablir de la même façon; les parties rouges se tournant vers le nord et les parties vertes vers le sud. De là les noms de *pôle sud* ou *austral* et de *pôle nord* ou *boréal* donnés à chaque extrémité d'un aimant. Il semble, au premier abord, qu'on devrait appeler pôle nord l'extrémité rouge qui est dirigée vers le nord et pôle sud l'extrémité verte qui est dirigée vers le sud. C'est précisément le contraire. Nous expliquerons tout à l'heure cette contradiction ap-

Digitized by Google

parente. Du reste, comme vous le voyez, la direction des deux aimants suspendus dans cette salle n'est pas tout à fait la même que celle des pôles terrestres; en d'autrester mes, le *méridien magnétique* ne coïncide pas exactement avec le méridien terrestre. Ces deux lignes, que j'ai fait figurer ici à l'aide de deux rubans tendus d'une extrémité à l'autre de l'amphithéâtre, forment un angle aigu qui constitue la *déclinaison* du lieu. Cette déclinaison est *orientale* ou occidentale, suivant que le pôle austral de l'aimant est dirigé à l'est ou à l'ouest. A Paris, elle est maintenant occidentale, comme vous pouvez vous en assurer *de visu*, et d'environ 19 degrés.

Voici un barreau aimanté, coloré de la même façon que ceux qui sont suspendus devant vous. Si je présente son pôle austral au pôle de même nom de l'aimant mobile, vous allez voir celui-ci fuir dans une direction opposée. Au contraire, si je lui présentais le pôle de nom contraire au sien, vous le verriez se précipiter de mon côté et suivre la direction de l'aimant que je tiens à la main. Dans le premier cas, il y a répulsion; dans le second, attraction. Donc, les pôles de même nom se repoussent et les pôles de nom contraire s'attirent. C'est là la loi fondamentale du magnétisme.

Voyons d'abord comment on a pu arriver à construire ces barreaux aimantés dont nous nous servions tout à l'heure : voici une pierre magnétique retenue par une armature de fer et suspendue par un crochet à une traverse en bois. Je lui présente un barreau de fer doux. Il est attiré avec force et adhère intimement à l'aimant naturel. Si maintenant je présente un second barreau de fer à l'extrémité libre du premier, je m'aperçois qu'il y a également attraction, ce qui prouve que le premier barreau est devenu lui-même un aimant sous l'influence de la pierre magnétique. Je pourrais ainsi présenter successivement plusieurs barreaux de fer à chacun des aimants secondaires ainsi formés par influence, et j'aurais une chaîne non interrompue d'aimants artificiels. Mais le pouvoir de ces aimants va sans cesse en s'affaiblissant à mesure qu'ils s'éloignent de la source magnétique, de telle sorte qu'à la fin, le dernier barreau de la série ne peut plus en supporter un nouveau. Cette propriété attractive des divers barreaux de fer doux, ainsi reliés les uns aux autres, est d'ailleurs tout à fait passagère et dépend uniquement du contact du premier barreau avec l'aimant principal. En effet, si l'on détache ce premier barreau, les autres perdent instantanément leur puissance et l'échafaudage croule.

Il en eût été tout autrement si, au lieu de fer doux, nous nous étions servis de barreaux d'acier. Chaque barreau d'acier serait devenu un aimant permanent et aurait pu attirer le fer ou l'acier, même après avoir été séparé de l'aimant naturel. Cette propriété qu'a l'acier de s'assimiler et de conserver la puissance d'aimantation a été désignée par Gilbert sous le nom de *force coercitive*. Il suffit donc pour avoir un aimant artificiel durable de mettre un barreau d'acier en contact avec un aimant naturel. Cet aimant artificiel devient à son tour une source magnétique et peut servir à fabriquer de nouveaux aimants. Il suffit pour cela de quelques frictions ou d'un contact plus ou moins prolongé du barreau à aimanter avec l'aimant artificiel.

En réunissant plusieurs barreaux d'acier aimantés de cette façon, on obtient un *faisceau* magnétique. Il faut pour cela rapprocher chaque barreau en faisant coïncider les pôles de nom contraire et réunir le tout par une armature métallique. On donne habituellement à ces aimants artificiels la forme d'un fer à cheval. Celui que je vous présente en ce moment appartient au cabinet de physique de l'École polytechnique. Il a été fabriqué à Harlem par un physicien hollandais. C'est le plus fort que l'on connaisse. Nous allons le charger devant vous en mettant des poids dans la caisse de bois qui est suspendue à son armature. Vous voyez qu'il supporte déjà 160 kilogr. Nous pourrions en ajouter encore. La limite de sa puissance ne s'arrêterait qu'à 240 kilogr.

Il me reste à vous expliquer maintenant pourquoi l'aiguille aimantée se dirige vers le nord. Gilbert s'en était rendu compte en supposant que la terre contenait elle-même, vers son centre, un vaste aimant orienté à peu près du nord au sud. Cette hypothèse a été adoptée par tous les physiciens. Puisque les pôles de nom contraire s'attirent et réciproquement, on comprend très-bien maintenant comment il se fait que le pôle austral de l'aiguille aimantée se dirige vers le nord. C'est tout simplement parce que le pôle boréal de l'aimant terrestre est dirigé vers le pôle nord de la terre, ou, ce qui revient au même, parce que le méridien magnétique du globe et son méridien géographique sont sensiblement dirigés dans le même sens.

Avec la découverte de Galvani et de Volta (1786), une ère nouvelle commence pour le magnétisme. Après être resté stationnaire depuis le XVI^e siècle jusqu'au XIX^e, nous allons le voir progresser indéfiniment jusqu'à nos jours. Il est vrai que Volta et Galvani, absorbés par leur propre découverte, n'eurent pas le bonheur de lui voir porter tous ses fruits. L'électro-magnétisme n'en devait pas moins naître de l'électro-dynamique.

C'est en 1820 que le danois Œrsted, en faisant passer un courant électrique dans un fil de cuivre, s'aperçut de la déviation d'une aiguille aimantée qui se trouvait dans le voisinage. Il en conclut naturellement qu'il y avait une relation entre les courants électriques et les courants magnétiques. Mais il n'alla pas plus loin. C'est à Ampère qu'était réservé l'honneur de reconnaître l'action réciproque des courants et des aimants les uns sur les autres et de formuler les lois de l'électro-magnétisme. En répétant l'expérience d'Œrsted, il reconnut qu'un courant agissant sur un aimant tend toujours à le placer dans une position perpendiculaire à la sienne, de façon que le pôle austral soit constamment à la gauche du courant,

On voit déjà que cette loi peut servir à faire connaître la présence d'un courant électrique dans un fil et la di-

Digitized by Google

rection de ce courant. Pour cela, il suffit de porter l'aiguille aimantée au-dessus ou au-dessous du fil. Le courant est immédiatement décelé par la déviation de l'aiguille. Pour en reconnaître le sens, on peut, selon le conseil d'Ampère, supposer un observateur sur le fil, le visage tourné vers l'aiguille, de façon que le pôle austral soit à gauche. Le courant sera alors dirigé des pieds vers la tête de l'observateur.

Mais Ampère ne s'arrêta pas là. Persuadé de l'identité des courants électriques et des courants magnétiques, il construisit des appareils nommés *solénoïdes* qu'il assimila à de véritables aimants. Un solénoïde n'est autre chose qu'un fil de fer ou de cuivre recouvert de soie et enroulé sur lui-même en spirales parallèles. Chacune des extrémités de ce fil est mise en rapport avec les pôles d'une pile en activité. Dès lors, le courant est établi. Si, préalablement, on a eu le soin de placer un barreau de fer dans le cylindre formé par l'enroulement du fil, ce barreau s'aimante instantanément et possède toutes les propriétés des aimants naturels ou artificiels.

Ampère a constaté que les mêmes lois existent pour les solénoïdes et pour les aimants. En voici un que j'ai fait suspendre par un fil vertical. Vous voyez qu'il prend la direction du méridien magnétique. Je puis de même vous montrer que, dans les solénoïdes, les pôles de même nom se repoussent et que les pôles de nom contraire s'attirent. Pour cela, je n'ai qu'à placer un aimant en face du solénoïde. Vous voyez ses extrémités alternativement attirées ou repoussées, suivant qu'on met en présence les pôles de nom contraire ou les pôles de même nom. Un solénoïde n'est donc autre chose qu'un aimant.

Cette découverte d'Ampère est de la plus haute importance; car elle permet de fabriquer instantanément des aimants d'une très-grande force par la seule intervention du courant électrique. M. Jamin aimante ainsi, à l'aide d'une forte pile, un gros cylindre de fer doux supporté par une armature métallique. Ce cylindre est relié par un crochet et une chaîne à une plate forme en planches sur laquelle viennent se placer six personnes, dont le poids est parfaitement supporté par l'*électro-aimant*. Le fer doux n'ayant point de force coercitive, il suffit d'interrompre le courant pour enlever toutes ses propriétés à cet aimant improvisé et provoquer la chute de la plate-forme.

Voici comment Ampère expliquait cette identité des aimants et des solénoïdes. Pour lui, il n'y a point de fluide magnétique. Les propriétés des aimants sont dues à des courants électriques qui circulent autour de leurs molécules. Ces courants existent dans tous les corps soumis à l'action magnétique: et le prétendu aimant terrestre n'est lui-même qu'un vaste réservoir d'électricité dynamique. Dans les corps à l'état neutre les *courants moléculaires* n'ont pas tous la même direction ; ils se neutralisent mutuellement et ne se révèlent par aucun effet sensible. Pour qu'un corps magnétique soit aimanté il faut et il suffit que, sous une influence quelconque, les courants moléculaires soient tous ramenés à marcher dans le même sens et dans des plans parallèles. Un aimant n'est donc, en réalité, que la résultante d'une multitude infinie de solénoïdes à courants parallèles et de même sens.

Ampère avait fait du magnétisme avec l'électricité, il ne restait plus qu'à faire de l'électricité avec du magnétisme. Quoi de plus simple, puisque électricité et magnétisme ne sont, au fond, qu'une seule et même chose? Ampère avait parfaitement compris que c'était là le dernier mot de sa théorie. Aussi tous ses efforts furent-ils dirigés vers ce but suprême, que la mort devait l'empêcher d'atteindre. C'est Faraday qui acheva son œuvre en découvrant les *courants d'induction*.

On nomme courants induits des courants qui prennent naissance sous l'influence d'autres courants ou sous l'influence des aimants. Puisque les courants peuvent donner des aimants, dit Faraday, il est rationnel de penser que les aimants peuvent à leur tour faire naître des courants. Voici comment s'y prit Faraday pour vérifier ses prévisions. Sur une bobine de bois il enroula un fil de cuivre dont les deux extrémités furent mises en communication avec les boutons d'un galvanomètre. Le circuit ne renfermant point de courant, les aiguilles restaient stationnaires. Il plaça alors un cylindre de fer doux dans l'intérieur de sa bobine; puis il mit l'extrémité de ce cylindre en rapport avec un barreau aimanté. Il observa dès lors une déviation très-prononcée du galvanomètre, preuve évidente qu'il s'était formé un courant dans le fil de cuivre sous l'influence de l'aimant. Mais ce courant cesse bientôt de se manifester : après quelques oscillations, l'aiguille revient à son point de départ et y reste tout le temps que l'aimant demeure en contact avec le fer doux. Le sens du courant ainsi formé est d'ailleurs indiqué par la direction de l'aiguille du galvanomètre. Vient-on maintenant à retirer l'aimant, le fer doux cesse d'être aimanté, et l'aiguille accuse une nouvelle déviation en sens inverse de la première. Le retrait de l'aimant a donc provoqué la formation d'un nouveau courant de sens contraire au premier. Ces courants secondaires ont été désignés par Faraday sous le nom de *courants induits*. Ils se produisent également sous l'influence des solénoïdes.

Les courants induits peuvent produire tous les effets des courants ordinaires. Ces effets sont même beaucoup plus intenses que ceux des courants constants, mais ils sont très-passagers comme les courants qui les produisent. On conçoit d'après cela que, si l'on pouvait arriver à développer dans un circuit un très-grand nombre de courants d'induction, se succédant à des intervalles infiniment rapprochés, on développerait une force extraordinaire; car on réunirait de la sorte la continuité des courants ordinaires à l'énergie des courants induits. Ce problème a été résolu par les machines magnéto-électriques de Pixii et de Clarke. Dans la machine de Clarke les courants d'induction sont produits par les

Digitized by Google

changements de position successifs d'une double bobine mobile au devant d'un fort aimant. La disposition inverse est réalisée dans l'appareil de Pixii; c'est la bobine qui est fixe et l'aimant qui est mobile.

Vous le voyez, messieurs, nous sommes loin de Gilbert, et encore plus loin de ce pauvre berger de Magnésie, qui trouva par hasard cette merveille tant admirée du monde ancien qu'on appelle un aimant. La première période du magnétisme, celle de Gilbert, nous a donné la boussole; la seconde, que j'ai désignée par le nom glorieux d'Ampère, a produit les électro-aimants, et, avec eux, les télégraphes électriques; la troisième période, celle de Faraday, va nous donner, avec l'induction, l'électricité à bon marché.

La télégraphie électrique est fondée sur les propriétés des électro-aimants. Nous savons, dès à présent, qu'un électro-aimant n'est autre chose qu'un morceau de fer doux qui peut se transformer en aimant sous l'influence d'un courant. Supposons un électro-aimant lié à un ressort, qui peut communiquer son mouvement à une aiguille mobile autour d'un cadran, nous aurons la partie essentielle d'un télégraphe électrique. En effet, à chaque interruption du courant, l'électro-aimant se désaimantera pour s'aimanter de nouveau, quand on rétablira la communication avec la source d'électricité. De là un mouvement alternatif et régulier à l'aide duquel on pourra produire des signaux à distance par l'intermédiaire de fils conducteurs. La longueur des fils, et par suite la distance, n'aura qu'un effet peu sensible sur le mouvement produit, car la vitesse de propagation de l'électricité est infiniment grande, par rapport aux distances qu'on peut avoir à lui faire parcourir sur l'espace restreint occupé par notre globe.

Les *moteurs électriques* sont fondés sur le même principe. L'application en a été faite dans les ateliers de M. Froment, à la confection des instruments de précision employés en mathématique. Ces machines, réglées par un mouvement d'horlogerie, peuvent travailler seules et donnent un mouvement d'une régularité absolue. On a tenté aussi de les appliquer à la traction des matériaux. Mais leur poids énorme relativement au peu de force qu'elles développent et leur prix très-élevé ont dû bientôt les faire abandonner. En effet, l'électricité coûte cher lorsqu'il faut la produire avec la pile voltaïque. Au contraire, la force coûte peu de chose. Pour tirer profit des moteurs électriques dans l'industrie, il faudrait donc renverser les conditions du problème, en un mot produire de l'électricité avec du mouvement. C'est vers ce but que tendent aujourd'hui tous les efforts des ingénieurs et des physiciens. Ce desideratum a été réalisé par les directeurs de la compagnie *l'Alliance*. Il y a aujourd'hui dans les ateliers de M. Barbedienne une machine électro-motrice d'une puissance extraordinaire. Cette machine n'est autre chose qu'une machine d'induction analogue à celle de Clarke, mais composée d'un très-grand nombre d'aimants et d'un nombre équivalent de bobines. Le mouvement initial lui est transmis par une machine à vapeur.

Dans ces derniers temps, la compagnie *l'Alliance* a appliqué cette machine à la construction de phares électriques. Tandis que les anciens phares éclairés avec des mèches à huile donnaient une lumière équivalente à six cents becs de bougie ordinaires, la lumière fournie par la machine électro-magnétique équivaut à celle de trois mille becs de gaz. Grâce à une disposition spéciale et aux *lentilles annulaires* de Fresnel, on peut projeter ainsi horizontalement la lumière à une distance de vingt-cinq lieues en mer. M. Jamin montre à l'auditoire une cage de cristal, qui a à peu près la forme et le volume d'un petit fût de bière. Sa paroi verticale est composée d'un triple système de lentilles circulaires disposées de façon que leur foyer coïncide en un point central situé dans l'intérieur de l'appareil. La source lumineuse est placée en ce point, et ses rayons réfractés par les parois de la lanterne de cristal, se propagent tous parallèlement, à leur sortie du milieu réfringent. On évite ainsi la déperdition de lumière qui aurait lieu si le foyer lumineux pouvait rayonner en tous sens. — F. Taule.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

Bibliothèque d'Histoire contemporaine :

Th. CARLYLE. Histoire de la Révolution française, traduite de l'anglais par MM. Élias Regnault et Odysse-Barot. 1er volume : *la Bastille*. 1 vol. in-18 de 360 pages. 3 fr. 50

Cet ouvrage sera complet en trois volumes. Le second volume aura pour titre : *la Constitution*, et le troisième : *la Guillotine*.

Les ouvrages suivants, dus à la plume de divers écrivains français et étrangers, paraîtront successivement dans cette Bibliothèque : *Histoire de Napoléon Ier*, 1 vol. — *Histoire de Louis-Philippe*, 1 vol. — *Lord Palmerston*, 1 vol. — *La Révolution italienne*, 1 vol., etc.

*Viennent de paraître :*

MEUNIER (Victor). La Science et les savants en 1864, 1re année. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

GARNIER. Dictionnaire annuel des progrès des sciences et institutions médicales, comprenant par ordre alphabétique de matières l'analyse de tous les travaux faits en France et à l'étranger, précédé d'une Introduction par M. le docteur Amédée Latour. 1re année, 1864. 1 vol. in-18 de 500 pages. 5 fr.

MÉNIÈRE. Les Consultations de madame de Sévigné, étude médico-littéraire. 1 vol. in-8. 3 fr.

DE VALCOURT. Climatologie des stations hivernales du midi de la France (Pau, Amélie-les-Bains, Hyères, Nice et Menton, ). 1 vol. in-8. 3 fr.

BEAUSSIRE (Émile). Antécédents de l'hégélianisme dans la philosophie française. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 12. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 18 FÉVRIER 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, | 15 fr. | Départ., | 18 fr. | Étranger, | 20 fr. |
| Un an..... | — | 26 | — | 30 | — | 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Mort de M. Gratiolet. — Académie des sciences.**

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Histoire de la science.** — Conférence de **M. Bertrand** : Newton ; sa vie et ses travaux.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Chimie.** — Conférence de **M. Pasteur** : Des fermentations, ou du rôle de quelques êtres microscopiques dans la nature.

ÉCOLE DE PHARMACIE. — **Botanique.** — Cours de **M. Chatin** : IV. Des racines. — V. Des tiges.

Paris, 17 février 1865.

### Mort de M. Pierre Gratiolet.

C'est avec une profonde douleur que nous annonçons à nos lecteurs la mort presque subite de l'homme de bien, du savant éminent, de l'éloquent professeur qui tenait encore, il y a quelques jours, sous le charme de sa puissante parole, le nombreux et sympathique auditoire de la Sorbonne. M. Gratiolet a succombé hier matin, après quelques heures de souffrance, aux suites d'une attaque d'apoplexie.

La nouvelle de cette perte cruelle a plongé dans la consternation les nombreux amis de cet homme éminent dont la vie si courte, hélas ! a été consacrée tout entière au culte de la famille, de l'amitié et de la science. Nature ardente et enthousiaste, âme généreuse et tendre, intelligence supérieure, admirablement servie par la parole et par la plume, M. Gratiolet laissera d'universels regrets. Puissent ces regrets adoucir quelque peu la cruelle épreuve que traversent en ce jour madame Gratiolet et ses enfants !

Tout entier à la douleur que nous cause cette fin prématurée, nous ne nous sentons pas la force de retracer devant cette tombe qui n'est point encore fermée les titres scientifiques de celui dont nous avons eu le bonheur d'être l'ami. Tout au plus nous sera-t-il possible de rappeler aujourd'hui les grandes étapes de cette vie si noblement remplie et si brusquement éteinte.

Pierre GRATIOLET est né à Sainte-Foy (Gironde), le 6 juillet 1815. Son père, médecin distingué, le dirigea vers la carrière qu'il avait lui-même honorablement parcourue. Reçu docteur en 1845, P. Gratiolet, qu'une vocation bien marquée entraînait vers les hautes études d'anatomie comparée, entra comme préparateur au Muséum d'histoire naturelle. L'élève et l'ami de M. de Blainville, il fut chargé pendant les six dernières années de la vie de cet illustre naturaliste de remplacer son maître dans la chaire qu'il occupait au Muséum. Cette suppléance lui donna l'occasion de déployer les brillantes facultés que chacun admirait naguère encore dans cette soirée de la Sorbonne où il devait pour la dernière fois faire entendre les mâles accents de sa voix éloquente. En 1852, M. Gratiolet suppléa Duvernoy au Collége de France. Nommé en 1854 aide-naturaliste au Muséum, il dut attendre jusqu'à ces dernières années la chaire de la Sorbonne, qu'il occupait avec tant d'éclat. La mort l'a frappé au moment où il allait recueillir le prix de ses labeurs : Aimé de tous ceux qui l'approchèrent, connu des savants du monde entier par ses admirables travaux sur le système nerveux (1) ; libre enfin, grâce à sa position officielle, des préoccupations matérielles qui ne

(1) Voici les titres des principaux travaux de M. Gratiolet :

*Observations sur un cas d'absence presque complète des hémisphères cérébraux, coïncidant avec une conformation régulière du crâne.*

*Recherches sur l'organe de Jacobson.*

*Notes sur les zoospermes des Hélices, et sur les métamorphoses*



Digitized by Google

l'avaient guère quitté jusqu'à ce jour, il allait jouir du fruit de ses veilles. — Le sort en a décidé autrement!

M. le Ministre de l'instruction publique, voulant s'associer au deuil de la science et donner un haut témoignage d'estime et de sympathie à la famille du savant professeur de la Faculté de Paris, a décidé que les funérailles de M. Gratiolet seront faites aux frais du ministère de l'instruction publique. Cette décision sera accueillie par tous avec reconnaissance.

L. Grandeau.

Les obsèques de M. Gratiolet auront lieu demain samedi. On se réunira à onze heures très-précises, rue Cuvier, 14.

---

**Académie des sciences.**

C'est la semaine dernière que l'Académie des sciences a tenu sa séance publique annuelle. M. Élie de Baumont secrétaire perpétuel en a rempli la plus grande partie par la lecture d'un long *éloge historique* de M. Auguste Bravais, qui n'a pas duré moins de deux heures, et dont nos lecteurs n'attendent pas sans doute que nous leur donnions une analyse même très-sommaire.

Parmi les prix décernés en 1864 et proclamés solennellement à l'ouverture de cette séance, nous signalerons seulement le prix Jecker, décerné à l'unanimité à M. Wurtz, professeur de chimie à la Faculté de médecine, pour ses remarquables travaux sur les alcools.

Lundi dernier justement, l'Académie a reçu un mémoire sur de nouveaux alcools, intermédiaires entre les alcools ordinaires et ceux dont la découverte vient de mériter à M. Wurtz une récompense aussi honorable.

Dans cette séance, M. Henri Sainte-Claire Deville a fait une communication intéressante relativement à la suite de ses travaux sur les *dissociations*. Depuis sa dernière note que nous avons insérée intégralement dans le numéro du 31 décembre M. Deville a opéré la dissociation de plusieurs autres corps considérés jusqu'ici comme indécomposables par la chaleur seule, notamment l'acide sulfureux et l'acide chlorhydrique. Du reste, il emploie toujours l'appareil décrit dans la note précitée, et consistant essentiellement en un tube maintenu à la température ordinaire et placé au milieu d'un autre tube plus gros, porté à une température de 1000 à 1200 degrés. Le gaz qui traverse le tube chaud s'y dissocie en ses éléments simples sous l'influence de la haute température qu'il y subit, et ces éléments brusquement refroidis par le contact du tube froid y laissent une trace de leur action caractéristique qui prouve que la dissociation a réellement eu lieu. Pour mettre en évidence la dissociation de l'acide chlorhydrique, M. H. Sainte-Claire Deville employait comme tube froid, un tube argenté trempé dans la teinture de tournesol; mais à la fin de l'opération la teinture de tournesol était rougie et non décolorée comme il l'espérait. Il fallut donc employer un autre artifice, et M. H. Sainte-Claire Deville eut l'idée d'amalgamer la pellicule d'argent qui recouvrait son tube froid. Il vit alors que le mercure et même l'argent étaient attaqués, phénomène qu'on ne pouvait attribuer qu'à la mise en liberté du chlore, car l'acide chlorhydrique est sans action sur ces deux métaux à partir de 360 degrés, température bien dépassée dans l'expérience. Un traitement par l'ammoniaque mit du reste hors de doute la présence du chlorure de mercure.

M. Charles Sainte-Claire Deville, le géologue, a communiqué à l'Académie le contenu d'une lettre qu'il vient de recevoir de M. Longobardo, consul de France à Catane, relativement à une récente éruption de l'Etna. La dernière éruption de ce volcan remontait à treize ans environ, et celle qui vient de se produire a eu pour théâtre un pays de vignobles qui n'avait pas subi de cataclysme de ce genre depuis l'antiquité. Les circonstances locales faciliteront du reste beaucoup les observations qui promettent d'être d'autant plus intéressantes que la coulée paraît très-abondante et de longue durée.

Signalons enfin un long rapport de M. Morin sur les travaux de M. Tresca, relatifs à la théorie mécanique de la chaleur, — une communication de M. Edmond Becquerel sur le développement des courants thermo-électriques dans les circuits métalliques, — et un mémoire de M. Athanase Dupré, professeur à la Faculté des sciences de Rennes, sur la chaleur latente.

Émile Alglave.

---

**SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.**

CONFÉRENCE DE M. BERTRAND
(de l'Institut).

**Newton, sa vie et ses travaux.**

Messieurs,

L'auteur d'un poëme sur l'astronomie avait envoyé son manuscrit à M. Poinsot en lui demandant un avis sincère. Le profond et spirituel géomètre répondit par quelques critiques un peu vagues, qui ne semblent pas avoir exigé une lecture bien attentive; puis, à propos

---

*qu'ils subissent dans la vésicule copulatrice où ils ont été placés pendant l'accouplement.*

*Mémoire sur les plis cérébraux de l'Homme et des Primates.* — Cet ouvrage a été couronné en 1854 par l'Académie des sciences.

*Mémoire sur l'organisation du système vasculaire de la Sangsue médicinale.*

*Observations sur la végétation des plantes submergées.*

*Observations sur les propriétés vénéneuses que présente l'humeur lactescente sécrétée par les pustules cutanées des Batraciens*

*Recherches sur le système nerveux des Reptiles.*

*Note sur la veine porte rénale des Oiseaux.*

*Sur la structure intime de la moelle épinière.*

*Mémoire sur l'encéphale des Éléphants.*

*Mémoire sur la structure du cervelet.*

M. Gratiolet a fait le tome II de l'*Anatomie du système nerveux* commencée par Leuret.

Digitized by Google

d'un passage sur les hommes illustres de la science, il ajoute :

« Il faut prendre garde à la proportion qu'on doit observer entre les épithètes qu'on applique aux grands noms. Illustre confident est une expression qui ne convient qu'au seul Newton. Il me paraît le seul dont on puisse dire qu'il était réellement dans la confidence..., car il exposa et développa la nature avec la plus grande facilité, tandis que les autres ont beaucoup de peine à lui arracher quelques secrets particuliers. »

Ces lignes, dans lesquelles *les autres* signifie Copernic, Kepler, Galilée, Huyghens, renferment l'éloge le plus magnifique, comme il est le plus vrai, d'un homme dont le nom défie toutes les louanges. En les écrivant, Poinsot, qui connaissait bien Voltaire et qui le citait souvent, s'est souvenu sans doute que le grand poëte avait dit :

> Confidents du Très-Haut, substances éternelles,
> Qui brûlez de vos feux, qui couvrez de vos ailes
> Le trône où votre maître est assis parmi vous,
> Parlez : du grand Newton n'étiez-vous pas jaloux.

Ces beaux vers aussi expriment avec bonheur à quelle incomparable hauteur il est juste de placer le nom illustre de Newton. Devant lui, nul n'a le droit d'être jaloux, et les plus ambitieux doivent se borner à répéter l'exclamation de Lagrange : « Newton est bien heureux d'avoir eu un système du monde à expliquer; malheureusement il n'y a qu'un ciel ! »

Le père de Newton mourut peu de mois après son mariage, et Isaac Newton naquit le 25 décembre 1642, à Woolstorpe, dans le Lancastershire, au milieu des tristesses d'un deuil tout récent.

Il ne paraissait pas destiné à vivre, tellement qu'une femme qu'on envoya à la ville prochaine chercher pour lui quelques médicaments jugea inutile de se hâter, croyant bien qu'il serait mort à son retour.

Il vécut cependant, et ses parents, en soignant son corps avec plus de sollicitude que son intelligence, en firent même un enfant robuste.

Sa mère ne tarda pas à se remarier. Elle suivit son nouvel époux à quelques lieues de la ferme qu'elle avait habitée jusque-là avec sa famille, et où le petit Newton demeura confié à une grand'mère et à une tante. Il fut élevé comme les enfants du village, allant à l'école commune. Il y apprit à lire et à écrire, et, à l'âge de douze ans, on le mit en pension chez l'apothicaire de Grantham, la ville voisine, pour suivre comme externe les cours du collége de cette ville. Rien jusque-là ne le distinguait de ses camarades, et il était même presque constamment le dernier élève de sa classe. Mais tout à coup, prêtant un peu plus d'attention à l'enseignement de ses maîtres, il conquit la première place et ne la quitta plus. On a rattaché cette transformation subite de Newton à une aventure qui ne semble guère propre à produire un tel résultat. Un jour, en entrant en classe, il reçoit un coup pied d'un camarade qui se trouvait derrière lui. A la sortie de l'école, il le provoqua à un duel à coups de poing, et, quoique moins robuste, sa ténacité, sa volonté forte, lui donnèrent l'avantage. Usant du droit que lui conférait sa victoire, il saisit son adversaire par les oreilles et le força à baiser la terre, aux applaudissements de tous ses camarades de classe qui assistaient au combat. Alors, dit-on, honteux de n'avoir pas dans les exercices de l'intelligence la même supériorité qu'au pugilat, il résolut de travailler un peu plus, et devint le meilleur élève du collége de Grantham.

Vraie ou fausse, cette anecdote, qui nous a été transmise par sa famille, nous donnerait, en tout cas, une idée assez inexacte du caractère de Newton. Il fut toute sa vie d'un caractère pacifique, et sa volonté forte, secondée par des sentiments religieux très-exaltés, tempéra toujours l'explosion de son caractère, qui était en effet très-irascible.

Après quelques années de séjour à Grantham, sa mère, devenue veuve une seconde fois, l'appela pour l'aider dans la gestion de son petit domaine.

Mais Newton n'était pas propre à ce genre de travail. Il avait apporté des livres et les lisait sans cesse. Il ne savait ni vendre ni acheter. On n'osait même l'envoyer seul au marché, si bien qu'après un an environ d'apprentissage et d'essais inutiles, on se résigna à faire de lui un savant; et, pour le préparer aux fortes études de Cambridge, on le renvoya à Grantham. On dit que, lorsqu'à l'âge de dix-huit ans, il quitta pour toujours le premier théâtre de ses travaux, son vieux maître adressa quelques paroles de regret à l'excellent élève qu'il perdait, et qu'il le proposa comme modèle à tous les écoliers. Cela peut être vrai, mais il ne faudrait pas en conclure que ce maître eût deviné l'avenir de Newton. Les Newton ne se proposent pas pour modèles, et surtout à des écoliers de village qui s'égareraient certainement sur leurs traces.

Pendant son séjour à Grantham, Newton émerveillait souvent, non pas tant son maître que ceux qui l'entouraient dans la famille de l'apothicaire qui le logeait, par la fécondité de ses inventions mécaniques. Il avait construit un moulin à vent, une horloge à eau, des vélocipèdes, un cadran solaire. Déjà son esprit pratique et ingénieux s'essayait et révélait ses différentes forces. Il arriva à Cambridge et fut reçu comme sizar. Les sizars sont les écoliers de la dernière catégorie. Ils sont soumis à d'humbles fonctions que des gentlemen destinés à des fonctions libérales n'accepteraient pas aujourd'hui. Mais les écoliers du XVII^e siècle n'étaient pas si difficiles, et Newton accepta cette situation sans répugnance. Les études étaient organisées à Cambridge comme aujourd'hui. Les écoliers n'étaient pas soumis en commun à l'étude de programmes obligatoires. Chacun d'eux était invité à faire les lectures qui leur plaisaient le plus. Les professeurs intervenaient surtout pour diriger les choix des livres et leur faciliter l'intelligence des passages les plus difficiles. C'est ainsi que Newton lut successivement la géométrie d'Euclide, l'optique de Kepler,

Digitized by Google

la logique de Saunderson, l'arithmétique des infinis de Wallis. Mais les secours de ses maîtres ne lui étaient pas bien nécessaires; et, lorsqu'une difficulté se présentait en leur présence, c'était presque toujours lui qui la résolvait le premier. De temps à autre, il leur présentait des solutions de problèmes, des formules nouvelles et quelquefois même des découvertes de quelque importance, tellement que, lorsqu'en 1663 parut la logarithmotechnie de Mercator qui avait fait un grand bruit dans la science, le maître de Newton y reconnut une formule que Newton lui avait autrefois montrée. Il lui demanda de lui rendre le manuscrit dans lequel cette formule était inscrite. Il vit que non-seulement Newton avait trouvé cette formule de Mercator, mais beaucoup d'autres semblables, qui l'élevaient à la hauteur d'une théorie. Il communiqua sa découverte à tous les géomètres de l'époque, qui en furent frappés et répondirent par des éloges adressés au jeune Newton; mais lui ne voulut pas publier son manuscrit. Il répondit que puisque Mercator était entré dans cette voie, certainement il découvrirait tout le reste avant que lui fût d'âge à rien publier.

Peu de temps après, il s'occupa d'optique. Il avait lu l'optique de Kepler, le traité de Descartes sur la lumière, ceux de Grimaldi, et il aidait son maître Barrow dans la publication de ses leçons d'optique. Aussi adroit que curieux, il avait voulu refaire les expériences, et, comme cela lui arrivait bien souvent, il avait bientôt devancé son maître.

Un jour, il introduisit un rayon de soleil dans une chambre obscure par une petite ouverture pratiquée à un des volets de la chambre; et, recevant ce rayon de soleil sur un prisme de verre, il recueillit les brillantes couleurs dont Grimaldi déjà avait admiré l'éclat. Mais au lieu de voir dans le spectre solaire un brillant spectacle pour les yeux, Newton fut frappé surtout de la forme allongée de l'image, et vit que, pour la produire, il fallait que des rayons inclinés l'un sur l'autre d'un demi-degré tout au plus, puisqu'ils venaient du soleil, fissent, après leur réfraction, un angle de 2 degrés et demi, c'est-à-dire cinq fois plus grand au moins, par conséquent que ces rayons, différents par leur couleur, différaient aussi par leur réfrangibilité. En réfléchissant à ce singulier phénomène, il fut conduit à penser que ces différents rayons, doués de propriétés distinctes, préexistaient dans la lumière blanche; que ce n'était pas, comme on l'avait cru, le verre qui leur communiquait leur éclat; que c'étaient, au contraire, des rayons préexistant dans la lumière blanche, et qui, dans le prisme, étaient séparés par la réfraction. Et, pour le démontrer, il présenta aux faisceaux de rayons un prisme dirigé en sens inverse, et qui, leur faisant subir une réfraction inverse de précédente, les réunit tous ensemble. Il retrouva ainsi la lumière blanche dont il avait fait à la fois l'analyse et la synthèse.

C'était certainement un fait très-curieux au point de vue physique que cette décomposition de la lumière, que personne n'avait soupçonnée avant lui. Mais elle eut en même temps des conséquences importantes pour l'application. Lorsqu'on construit une lunette, on doit se proposer de réunir en un seul foyer tous les rayons issus du même point de l'objet qu'on regarde. Et pour cela, il faut donner à la lentille une forme convenable, que les géomètres avaient beaucoup cherchée, et qui dépend essentiellement de la réfrangibilité des rayons. Eh bien, si le rayon de lumière blanche contient ces rayons de réfrangibilité diverse, la lentille qui convient aux uns ne convient pas aux autres; il est impossible, par conséquent, d'obtenir avec une lentille un instrument parfait. On obtiendra toujours des images qui ne seront pas nettes, et bordées de cette auréole de couleurs qui gêne singulièrement l'observation. Newton signala la difficulté, et sans affirmer qu'elle fût insurmontable, en disant même expressément le contraire, il pensa qu'il y aurait utilité à substituer à la lentille un miroir, parce que la réflexion a les mêmes lois pour les rayons de toute couleur, et c'est ainsi qu'il inventa le télescope qui porte son nom.

Peu de temps après, la peste étant survenue dans l'université et dispersant les écoliers, Newton alla passer un an chez sa mère, et c'est là que pour la première fois il s'occupa de rechercher, avec patience, les forces qui régissent les mouvements des corps célestes. Certainement, après cinq ans d'études et de méditations à Cambridge, il est impossible qu'il n'eût pas déjà rencontré cette grande question, et, s'il faut en croire une tradition qui est vraisemblable, il y pensait toujours. Un jour qu'il était assis dans son jardin, il vit une pomme se détacher d'un arbre et tomber par terre à ses pieds. Ses pensées ayant été ramenées par cet accident un peu banal dans une voie qui leur était déjà très-familière, il se demanda quelle était la cause, vraisemblablement à jamais cachée, de cette puissance qui précipitait ainsi tous les corps vers le centre de la terre. Mais cette pesanteur, se dit-il, s'exerce sur les plus hautes montagnes; s'étendrait-elle à une hauteur dix fois, cent fois, mille fois plus grande. Voilà une question qu'un penseur moins profond aurait pu se proposer comme Newton, mais pour répondre immédiatement : non la lune n'est pas pesante, car rien ne la soutient; et, si elle était pesante, elle serait tombée sur nos têtes il y a longtemps.

Eh bien, Newton pensa tout le contraire. Il se dit qu'un projectile lancé à la surface de la terre va tomber d'autant plus loin qu'il tombe de plus haut et est lancé avec plus de vitesse. Eh bien, supposez-vous par la pensée au haut d'une tour de quatre-vingt-dix mille lieues de hauteur, soixante fois le rayon terrestre, c'est la distance de la lune, et que, de là, vous lanciez un boulet avec une vitesse d'un quart de lieue par seconde, c'est la vitesse de la lune dans son orbite. N'est-il pas évident, sans faire aucun calcul, que ce boulet ira tomber bien au delà du rayon de la terre; et, comme dans ces conditions il sera lancé toujours en

Digitized by Google

avant, il tournera toujours autour du globe sans jamais le rencontrer, parce que ses dimensions seront trop petites. Voilà un premier aperçu. Newton le précisa davantage, pas assez cependant pour le satisfaire complétement, car il ne voulut pas publier ces résultats; il les garda dans sa tête dix-huit ans encore, et, ayant déjà fait trois grandes découvertes dont chacune aurait pu immortaliser son nom, il revint à Cambridge concourir pour le titre de *fellow*. Il y avait onze places vacantes, et il obtint la onzième : il n'avait pas le talent des examens. Cependant, peu de temps après, il fut nommé professeur. Il entra en relation avec les savants les plus illustres de l'époque; il leur envoyait des théorèmes et souvent des notes d'une très-grande importance. Mais il ajoutait presque toujours : « Je vous prie de ne pas communiquer ce que je vous dis au public, ou, si vous le faites, ne me nommez pas, parce que cela augmenterait le nombre de mes relations, ce que je tiens particulièrement à éviter. » Cependant, comme sa réputation grandissait en quelque sorte malgré lui, on le nomma membre de la Société royale de Londres; et, pour répondre à cette distinction, il se crut obligé d'envoyer une communication; et, gardant toujours ses trésors le plus qu'il pouvait, entre toutes ses découvertes, il choisit la moins importante, et il envoya au président Oldenburg son télescope. L'instrument fut très-admiré, beaucoup plus que Newton ne s'y attendait, et beaucoup plus, il faut le dire, que ça n'était juste, parce qu'il n'était pas essentiellement nouveau. Newton le dit très-franchement et avec beaucoup de sincérité dans une lettre à Oldenburg; mais, comme s'il voulait montrer que la modestie n'est cependant pas chez lui un parti pris, il dit en même temps : « Je vous enverrai bientôt une autre communication qui vous intéressera bien davantage, car elle contiendra la découverte la plus inouïe, sinon la plus importante, qu'on ait jamais faite dans l'ordre de la nature. » Cette découverte était celle de la décomposition de la lumière. Elle fut reçue par la Société avec de très-grands applaudissements, mais non sans contradiction. Il y avait alors parmi les membres de la Société royale de Londres un homme très-ingénieux et très-profond, Robert Hooke, qui s'était fait sur la théorie de la lumière des idées que les progrès de la science ont pleinement confirmées; mais il n'eut que le tort d'oublier que des théories, quelles qu'elles soient, ne peuvent rien contre des expériences bien faites et certaines; et il eut le mauvais goût de contester, sans les refaire, celles des expériences de Newton qui ne s'accordaient pas avec ses idées préconçues. Newton lui répondit avec calme, mais de manière à convaincre tous les gens compétents. Après Hook vint un jésuite nommé Pardies, qui contesta aussi les idées de Newton. Celui-ci fut un peu plus impatienté; il répondit encore, mais voici comment il débute : « *Hallucinatus est reverendus pater.* » Cela veut dire : « Le révérend père est fou. » Ce jésuite, qui était un très-honnête homme, se déclara satisfait. Les raisons de Newton étaient tellement précises, tellement nettes, qu'il n'hésita pas à s'y rendre. Mais après lui, il survint d'autres contradicteurs. Ce fut un nommé Gascoin, un certain Zinus, physicien de Liége, je ne sais quels autres, et enfin Huyghens. Alors Newton perdit patience. Il déclara qu'il ne répondrait plus à personne, qu'il était bien fou d'avoir compromis un bien aussi précieux que le repos pour courir après une ombre : il voulait dire la gloire. Il écrivit à Oldenburg qu'il le suppliait de ne plus lui envoyer même les communications qui pourraient être relatives à ses théories; et, pour en finir, il donna sa démission de membre de la Société royale. On n'en tint pas compte, on se contenta de le dispenser du payement de sa cotisation mensuelle, et il n'en fut plus question. Mais lui resta fidèle à la résolution qu'il avait prise, et, pendant quatorze ans, il ne communiqua plus rien au public.

Cependant il était loin de rester inactif. Sa correspondance est très-intéressante : il communique ses découvertes à tous les grands hommes de l'époque, il reçoit des lettres d'eux, et c'est pendant cette correspondance qu'il a écrite celle qui lui assure la priorité dans la découverte du calcul différentiel. On a écrit que Leibniz l'avait appris dans ces lettres. C'est une autre question que je crois pleinement résolue par la négative, mais la priorité de Newton est incontestable. Newton n'avait pas à cette époque fait de grands progrès dans l'étude de la mécanique. Il y a en effet deux lettres, l'une de 1674, écrite à Collins; une autre de 1679, dans lesquelles il se trompe complétement dans la solution de deux problèmes de mécanique, il se trompe si complétement qu'il est évident qu'il ne connaît pas les principes dont il devait faire plus tard un si bel usage. Ainsi, dans la lettre de 1674, il affirme qu'un corps lancé en l'air ne décrit pas une parabole. Il n'a pas lu même les écrits de Galilée. Il paraît bien probable que c'est l'ouvrage de Huyghens sur le pendule de l'horloge, qui lui a ouvert les idées sur cette question de la théorie du mouvement. Nous avons là-dessus pour ainsi dire son propre témoignage, car après avoir reçu le livre de Huyghens, il écrit à Oldenburg pour le remercier de le lui avoir envoyé, en lui disant : Il y a dans ce livre de très-belles choses, et des résultats qui peuvent être de très-grandes conséquences pour l'étude du système du monde. Il est donc bien vraisemblable que c'est après avoir lu ce livre qu'il reprit avec une nouvelle ardeur ses études sur le mouvement des corps célestes, et qu'il arriva à composer son immortel ouvrage sur les principes de la philosophie naturelle. C'est pendant les années 1682 et 1683 que Newton rédigea la plus grande partie de cet ouvrage, et que, fortifié par sa longue préparation et l'étude approfondie des mathématiques, il osa chercher avec une minutieuse précision l'expression des forces qui gouvernent le système du monde.

Jamais, dans la suite des siècles, il n'a été donné à un autre homme de pénétrer dans une mine plus abondante et plus riche. Deux cents ans de travaux et d'étude,

Digitized by Google

depuis Newton, n'ont pas encore épuisé ce trésor. Du moment où Newton est entré dans cette voie, ses grandes découvertes semblent s'appeler les unes les autres. Il était comme absorbé pendant ce temps par la grandeur de sa pensée. Ébloui par l'excès de la lumière intérieure, il n'avait plus le sentiment de ses besoins corporels, il restait quelquefois trente-six heures sans manger ou dormir. L'homme avait en quelque sorte disparu, et c'est en faisant allusion à cette période de sa vie, qu'Halley a pu s'écrier magnifiquement : « *Nec proprius fas est mortalem attingere divos.* » Il n'a été donné à aucun mortel d'approcher davantage de la divinité.

La grande découverte qui se trouve énoncée et démontrée dans le livre des principes avec la plus admirable clarté, est celle de l'attraction universelle. Le soleil attire les planètes qui s'attirent elles-mêmes mutuellement; et cette vertu incompréhensible établit une dépendance mutuelle, comme un lien que rien ne peut rompre entre tous les éléments de l'univers. Chaque partie réagit sur le tout, le moindre atome attire tous les autres, et est attiré par eux sans en préférer ni en choisir aucun. Mais il résulte de toutes ces attractions des forces distinctes, quoiqu'elles concourent à un effet commun, et dont il semble bien difficile de découvrir les lois comme de calculer la grandeur précise et le rôle de chacune d'elles; et de séparer enfin ce qui est si intimement uni. Ce serait tenter l'impossible que de vouloir l'essayer par des déductions distinctes et rigoureuses. Newton devait nécessairement simplifier d'abord la question, et c'est ce qu'il fit. Au lieu de prendre le phénomène dans toute sa complexité, il ramena d'abord le mouvement des planètes à des cercles uniformément parcourus autour du soleil placé au centre du monde. La question ainsi réduite devenait extrêmement facile. On sait qu'il avait lu l'ouvrage d'Huyghens. Non-seulement la solution de ce problème pouvait s'en déduire, mais elle y était en quelque sorte complétement donnée, quoique sous une autre forme. Cela est si vrai, que trois savants éminents de Londres, Hook, le chevalier Wren et Halley, avaient posé le problème tous trois de cette manière, et que tous trois étaient arrivés au même résultat. Tous les trois ils avaient vu dans l'attraction du soleil la force qui règle les mouvements des planètes, tous trois avaient aperçu et examiné la loi suivant laquelle cette force diminue avec la distance. Tous trois avaient aperçu les conséquences d'un tel principe, et la grandeur de l'édifice dont il pouvait être le fondement. Mais tous trois l'avaient soulevé dans leur tête sans pouvoir en soutenir le poids. Ils se rencontrèrent à Londres, et eurent occasion de parler de leur commune découverte. Halley, qui était le plus jeune et le plus ardent, voulait surtout obtenir des deux autres des explications qu'ils ne pouvaient lui donner. Waen disait : La question générale dépasse mes forces. Hook était bien loin d'en convenir, il avait tout approfondi, tout trouvé, il voulait garder son secret. Halley attendit quelque temps. Il finit par se convaincre qu'Hook ne savait pas grand'chose. C'est alors qu'apprenant que Newton s'était occupé du même problème, il partit pour Cambridge. Il alla le trouver. Il s'exposait certainement à être tout à fait rebuté. Newton n'était pas accueillant de sa nature, et surtout sur de tels sujets. Il conversait difficilement. Cependant, touché par cette curiosité si ardente de la science, sensible peut-être à une admiration si vive, si bien méritée, qui venait le trouver comme d'elle-même, il dépassa au contraire l'espoir d'Halley, il lui livra avec une magnifique profusion des secrets d'une grandeur jusque-là sans exemple, il déchira tous les voiles et l'introduisit, le dirigea dans le sanctuaire. Halley put contempler dans leur splendeur première et originale ces belles démonstrations qui faisaient voir dans l'attraction le ressort si simple de cette machine si compliquée, je veux dire du système du monde, dont elle explique le mystère sans en amoindrir le prodige. Halley apprit avec une admiration toujours croissante comment cette force dirigeait la course des planètes, et soulevait et abaissait alternativement les eaux de la mer. Newton lui montra comment elle expliquait la marche inégale de la lune et les changements continuels de son orbite, les déplacements séculaires des plans dans lesquels se meuvent les planètes, les mouvements de leurs apsides, la rotation lente et continue de la terre autour de son axe, qui se trouve rattachée par une loi nécessaire et démontrée à la forme aplatie de sa surface, enfin tous les grands phénomènes du système du monde se trouvant ainsi expliqués, enchaînés et prévus, et la théorie physique de l'univers ramenée à un seul principe.

Newton, fidèle à la résolution qu'il avait prise, ne voulait rien publier. Halley insista beaucoup, avec beaucoup de respect et de déférence, finit par lui arracher son manuscrit, ou tout au moins la promesse de le lui envoyer et d'en autoriser l'impression, et il revint bien vite à Londres annoncer la bonne nouvelle, en se comparant à Ulysse, qui ramenait Achille au combat. La Société royale de Londres, émue par l'enthousiasme communicatif d'Halley, vota immédiatement les fonds nécessaires pour l'impression de l'ouvrage, mais quand le manuscrit arriva, la caisse était vide. Halley ne voulut accepter aucun retard, fit commencer immédiatement l'impression de l'ouvrage et la termina à ses frais, en y ajoutant une préface en vers latins, dont plusieurs sont restés célèbres. L'ouvrage de Newton produisit une grande impression; mais les conclusions, cependant, n'en furent pas admises immédiatement et par tout le monde. Newton, qui dans sa chaire, à Cambridge, aurait pu répandre et propager ses doctrines, n'avait aucune des qualités du professeur. Une fois par semaine, il venait dans la salle des cours, le plus souvent il la trouvait vide, et s'en allait bien content d'en être quitte à si bon marché. C'est dans une autre enceinte, que pour la première fois le livre des principes devait trouver d'éloquents et solides commentaires. Le chimiste Boyle

Digitized by Google

avait légué une rente de cinquante livres sterling (1250 francs) pour faire rétribuer chaque année des prédications sur l'existence de Dieu. Ce fut l'évêque Bentley qui fut chargé le premier d'accomplir les intentions du fondateur, et prenant pour texte de son sermon le verset célèbre : *Cœli enarrant gloriam Dei*, il en montra dans la théorie de l'attraction le plus magnifique commentaire, et la voix du prédicateur protestant, ajoutant l'autorité de la chaire à la solidité des démonstrations, exposa dignement la théorie de Newton cent ans avant l'époque où le père Boscovich, à Rome, n'osait pas même se déclarer partisan de Copernic.

Locke fut également très-frappé par la lecture du livre des principes. Il savait très-bien la géométrie, mais cependant pas assez pour lire l'ouvrage d'un bout à l'autre. Il dut souvent se contenter de suivre avec une exacte attention l'ordre et l'enchaînement des chapitres, les conclusions qui les terminent et les réflexions assez sobres qui étincellent parfois au milieu des formules algébriques. Non moins ému qu'éclairé par les rayons même affaiblis de cette grande lumière, il n'en demanda pas davantage, et sans poursuivre dans leur subtile rigueur tous les raisonnements qui en établissent la vérité, il osa affirmer avec une conviction profonde, l'entière exactitude de principes dont la justesse de son esprit lui montrait toute la force et la fécondité.

Peut-être vous demandez-vous pourquoi des citations choisies ne vous permettraient pas, à vous comme à Locke, d'apprécier la grandeur du livre des principes. Mais ce serait mal comprendre le travail considérable auquel le grand philosophe s'est livré; d'abord il savait très-bien la géométrie, ensuite il a consacré plusieurs mois à cette étude, puis son intelligence dépassait un peu la moyenne.

A côté des approbateurs, des enthousiastes du livre de Newton, se placèrent des contradicteurs obstinés. Il y eut surtout des réclamations qui durent irriter vivement son esprit craintif et toujours défiant. Il fut surtout rendu entièrement malheureux par Robert Hooke, son ancien contradicteur sur la théorie de la lumière. Hooke avait dit avant lui que le soleil attire les planètes et détermine leur mouvement. Newton, du reste, le reconnaît explicitement dans le livre des principes, mais il dit la chose selon son habitude, brièvement, sèchement, dans une seule phrase à laquelle il mêle le nom de Hooke à celui de Wren et d'Halley. Hooke ne fut pas content de cette manière de le citer, il déclara que les applaudissements donnés à Newton étaient injustement usurpés; il voulut en avoir sa part, et il fatigua tout le monde de ses réclamations. Newton n'aimait pas la discussion, mais quand on le forçait à la subir, il gardait rarement la mesure. Oubliant qu'il avait lui-même reconnu les droits de Hooke, en les inscrivant dans le livre des principes, il le traita tout simplement de plagiaire, et écrivit à Collins que certainement Hooke avait eu connaissance des lettres que lui, Newton, avait écrites autrefois à Oldemberg, et que c'est là qu'il avait trouvé ce qu'il savait sur l'attraction. Une pareille accusation, dépourvue de toute espèce de preuve, n'était pas faite pour arranger les choses. Hooke se plaignit encore davantage, mais malgré son incontestable mérite et sa haute position, — il était président de la Société royale de Londres et auteur de grandes découvertes, — ses réclamations ont été absolument vaines, et la célébrité d'un homme extrêmement distingué, qui avait bien mérité de la science à plusieurs reprises, a été en quelque sorte éclipsée par la splendeur de la gloire de Newton. Le contradicteur de Newton a été traité comme un véritable ennemi, même par ses compatriotes; il n'y a pas longtemps encore qu'on disait que c'était un homme bon à étrangler.

Son seul tort cependant a été de s'obstiner à se poser en rival de Newton, et de nous forcer à le placer à côté de lui, mais lui-même était un homme remarquable.

Deux grands hommes, Huyghens et Leibniz, tous deux très-bien préparés à comprendre le livre des principes, le repoussèrent. Huyghens ne pouvait se faire à l'idée que les molécules s'attirent. Il écrivit un jour à M. de l'Hôpital : Je veux bien que M. Newton ne soit pas cartésien, mais il ne faut pas qu'il nous présente des absurdités comme l'attraction. Une autre fois, il écrivit à Leibniz : Je ne suis pas du tout de l'avis de Newton sur l'affaire des marées, et je suis bien surpris qu'il se soit donné tant de peine à fonder des démonstrations si difficiles sur des théories absurdes comme celles de l'attraction. Leibniz fit pis encore : dans les *Acta eruditorum*, il se demande quelle est la force qui gouverne les planètes dans leurs mouvements; il reprend le système des tourbillons de Descartes, et par des raisonnements plus que contestables, il arrive à la loi de Newton, il dit que la force dirigée vers le soleil agit proportionnellement au carré de la distance; et sur la fin de son article il ajoute : « J'ai lu dans un journal que M. Newton avait » trouvé quelque chose de semblable, mais j'ignore abso- » lument comment il l'a établi. » Le livre des principes était publié depuis trois ans, et Leibnitz, qui était si curieux des choses scientifiques, et si capable de les apprécier, n'avait même pas daigné se procurer un exemplaire de ce grand ouvrage. Mais malgré ces deux beaux génies, qui, trouvant les conclusions du livre étranges, incroyables, ont dédaigné d'en examiner les preuves, l'attraction est une vérité certaine, et les démonstrations en sont poussées jusqu'à la dernière évidence.

Newton évita d'ailleurs de soulever cette question, qui scandalisait tant Huyghens. Il ne chercha jamais comment un atome inanimé peut en influencer un autre, et lui faire sentir sa puissance à travers l'espace qui les sépare. Que deux molécules s'attirent, en vertu des lois primordiales et nécessaires de la nature, ou soient poussées l'une vers l'autre par un mécanisme inconnu, c'est pour lui chose indifférente; il cherche la grandeur et les effets des forces, et ne s'occupe pas des

Digitized by Google

causes. Il n'a jamais eu l'idée de révéler la cause profonde et l'essence même des choses. Mais malgré cette lacune, il faut mieux dire peut-être à cause de cette prudence, le livre des principes est un des plus beaux ouvrages, et peut-être le plus beau monument de la pensée humaine. La majesté des résultats y est incomparable comme leur certitude et leur précision. Et l'immense talent, accessoire à ses yeux, que Newton y déploie comme géomètre, porte sa grandeur au plus haut point. Mais il ne m'est pas possible ici même d'analyser devant vous ce beau livre. On ne peut le lire, non-seulement sans savoir la géométrie, mais sans être un géomètre habile, et bien des chapitres même ne peuvent être entendus que par les plus forts.

Peu de temps avant l'apparition de son ouvrage, Newton fut arraché aux études, qui jusque-là avaient absorbé sa vie toute entière, par une affaire peu importante en elle-même, mais qui passionna alors beaucoup l'Université et le public. Le roi Jacques II avait voulu faire entrer à l'hôpital de Cambridge un vieux gentilhomme catholique, et l'Université toute entière protesta en maintenant ce qu'elle appelait son droit à l'orthodoxie des malades. Elle eut gain de cause, et le vieux gentilhomme alla mourir ailleurs. Peu de temps après, Jacques II éleva une autre prétention. Il voulut faire accorder le diplôme de docteur à un savant catholique, qui était même, je crois, un ecclésiastique. Protestation nouvelle, encore plus énergique, de la part de l'Université! Mais cette fois le roi insista, parce que très-peu de temps avant l'Université avait accordé le même diplôme à un mahométan. Ils répondirent d'abord que le mahométan n'était pas catholique, ce qui était incontestable, et puis que le nouveau docteur que le roi voulait leur imposer serait résidant à Cambridge, aurait le droit de voter, que ce serait faire acte d'une tolérance dont ils ne voulaient à aucun prix. L'affaire s'envenima tellement, que le vice-chancelier fut mandé à Westminter. L'Université lui adjoignit une députation de huit de ses membres. Newton fut des huit. Ils furent reçus par Jeffries, le président des assises sanglantes, qui avec sa brutalité ordinaire leur cita la Bible, leur déclara que leurs prétentions étaient exorbitantes, et les renvoya sans les écouter, en destituant le vice-chancelier. L'Université envoya alors une autre députation qui fut plus heureuse. Le docteur catholique ne fut pas nommé. Dans cette affaire, Newton ne joua qu'un rôle tout à fait effacé, il alla et revint de Cambridge à Londres sans avoir prononcé un seul mot, mais il se montra tellement décidé à refuser toute conciliation, qu'il gagna la confiance de ses collègues, qui, peu de temps après, l'envoyèrent à la Chambre des communes représenter l'Université de Cambridge. Sa carrière politique ne fut pas brillante. Ce savant qui, tout absorbé dans ses méditations intérieures, n'était pas capable de retenir autour de sa chaire un petit nombre d'auditeurs, était bien moins apte encore à affronter les orages de la vie politique. Il traversa la session sans parler, sans agir, sans prendre parti d'aucun côté, sans se mêler aux intrigues d'aucune coterie, sans les connaître.

Il est certainement très-heureux que Newton ne se soit pas mêlé à toutes ces agitations, et ait dédaigné toutes ces questions qui paraissent si grandes aux yeux des contemporains, et que le temps emporte sans en laisser de traces. Mais pourquoi accepter alors un rôle dans la vie politique? Quand on se nomme Isaac Newton, on ne doit pas chercher d'autres honneurs. Il vit se passer sous ses yeux les événements les plus graves sans en être seulement ému. Après la chute de Jacques II, il prêta serment à Guillaume, et il engagea par lettre ses collègues de l'Université à en faire autant. Il leur démontra qu'ils devaient le faire. Il leur dit : « L'allégeance et la » fidélité sont réciproques. Jacques II nous protégeant, » nous lui devions obéissance. Il ne nous protége plus, » nous ne lui devons plus rien. C'est maintenant Guil- » laume qui nous protége, c'est à lui que nous devons » obéissance. Maintenant, à celui qui blâmerait ce qui » aurait été fait, je lui répondrai : Ce qu'on n'aurait pas » dû faire n'est plus à blâmer, puisque cela est ac- » compli. »

Cette morale un peu large ne plut pas à tout le monde, et Newton ne fut pas réélu. Il revint à Cambridge extrêmement chagrin et découragé. Sa position de professeur lui était à charge; on lui avait fait concevoir des espérances qui ne se réalisaient pas; on voit dans sa correspondance de cette époque qu'il se plaint souvent, mais jamais à ceux qui auraient pu le servir; il y met une extrême discrétion, il déclare qu'il aimerait mieux renoncer à tout que de rester dans l'état où il se trouve; que ces espérances qui n'aboutissent pas, que ces inquiétudes perpétuelles le tuent. A cette époque, il s'occupait beaucoup de chimie. Un jour qu'il était dans son laboratoire, cherchant la pierre philosophale, comme il le fit toute sa vie, il alla à la chapelle pour faire une courte prière. Il trouva au retour tout en flammes. Ses instruments étaient détruits, ses précieux manuscrits brûlés, le fruit de ses longs travaux anéanti. Dans la triste disposition d'esprit où il se trouvait, ce nouveau chagrin l'accabla. Newton perdit complétement le sommeil, et comme le soleil disparaît quand il a achevé sa course, son intelligence, éclipsée pour un temps et affaiblie peut-être pour toujours, cessa de comprendre les belles démonstrations dont sa mémoire vacillante perdait à chaque instant les traces.

On a essayé de jeter un voile sur cette triste époque de la vie de Newton, et ses admirateurs contestent encore aujourd'hui l'évidence des témoignages qui nous sont restés. Mais le doute ne semble pas permis. Newton était homme, et soumis à toutes les misères de l'humanité.

Ainsi, il y a une note écrite tout entière de la main de Huyghens, et qui paraît bien décisive. Elle a été pu-

Digitized by Google

bliée pour la première fois en 1821 par M. Biot, à qui on l'avait communiquée.

« Le 29 mai 1694, M. Collins m'a raconté que l'illus-
» tre géomètre Isaac Newton est tombé il y a dix-huit
» mois en démence, soit par suite d'un trop grand excès
» de travail, soit par la douleur qu'il a eue d'avoir vu
» consumer par un incendie son laboratoire de chimie
» et plusieurs monuments importants. M. Collins a ajouté
» qu'à la suite de cet accident, Newton s'étant présenté
» chez l'archevêque de Cambridge, et y ayant tenu des
» discours qui montraient l'aliénation de son esprit, ses
» amis se sont emparés de lui, ont entrepris sa cure, et,
» l'ayant enfermé dans ses appartements, lui ont admi-
» nistré, bon gré mal gré, des remèdes au moyen desquels
» il a recouvré sa santé, de sorte qu'à présent il recom-
» mence à comprendre son livre des *Principes*. »

Une autre lettre écrite par Newton à Locke ne paraît pas moins décisive.

Cependant l'intelligence de Newton se dégagea peu à peu des nuages qui l'enveloppaient. Il recommença, comme le dit Huyghens, à comprendre le livre des *Principes*, mais son esprit ne reprit jamais son élévation première, et à partir de l'année 1693, on ne lui doit plus de grandes découvertes. En 1693, lord Halifax, qui aimait beaucoup Newton, mais qui portait peut-être plus d'intérêt encore à sa nièce, devint premier ministre. Il nomma Newton contrôleur de la Monnaie. Les travaux de chimie de Newton le rendaient très-apte à remplir ces fonctions, il s'en acquitta extrêmement bien, et lorsque, peu de temps après, le poste lucratif et important de directeur de la Monnaie devint vacant, on put le lui donner sans exciter ni étonnement ni réclamations.

Newton eut 2000 livres sterling d'appointements (50 000 francs), dix fois plus qu'il n'avait à Cambridge. Il fut pour la Monnaie de Londres un excellent directeur. Non-seulement les affaires courantes furent menées avec beaucoup d'habileté et de régularité, mais plusieurs fois il fut consulté par le gouvernement sur des questions d'économie politique, sur des questions relatives au titre des monnaies, sur la convenance d'établir deux étalons, l'un pour la monnaie d'or, l'autre pour la monnaie d'argent; sur la réclamation du commerce des métaux précieux. Il répondit toujours avec beaucoup de netteté, montrant une connaissance anticipée des principes de ce qu'on appelle aujourd'hui l'économie politique. Mais il aurait voulu en même temps laisser croire que cette direction de la Monnaie absorbait toute son attention, et il y a une lettre singulière qu'il écrit à Flamsteed, et qui montre cette disposition un peu maladive encore peut-être de son esprit.

Newton avait demandé à Flamsteed, qui dirigeait l'observatoire de Greenwich, des observations de la lune. Flamsteed, après bien des tiraillements, lui en avait envoyé cent cinquante.

Concluant de l'insistance qu'il mettait dans ses demandes qu'il s'occupait d'un travail astronomique, il n'avait pas cru devoir en faire mystère; il en avait fait part à Wallis, qui le disait au public dans un ouvrage qui allait paraître et qui était alors sous presse. Newton eut connaissance de cela, et voici ce qu'il écrivit à Flamsteed :

« Je n'aime pas à voir mon nom imprimé à toute occa-
» sion, et moins encore à être étourdi et tourmenté par
» des étrangers sur des questions mathématiques, ou à
» faire penser que je gaspille le temps qui doit être em-
» ployé aux affaires du roi. »

Du reste, l'histoire des relations de Newton avec Flamsteed ne lui fait pas grand honneur. Elles ont été très-longuement racontées par Flamsteed lui-même dans des mémoires qui ont été publiés il y a une vingtaine d'années, et où ce récit occupe deux ou trois cents pages.

Newton voulait avoir des observations pour continuer ses études sur la théorie de la lune. Flamsteed, comme nous l'avons dit, lui en envoya cent cinquante. Newton, ne les trouvant pas suffisantes, lui en demanda d'autres, et il les exigea comme un droit, en lui écrivant : « Il est impossible que vous n'ayez fait que cent cinquante observations sur la lune. » Flamsteed lui dit : « J'en ai fait d'autres, mais je ne veux pas vous les donner, parce que j'ai besoin de les revoir, de les corriger dans leur ensemble. Je ne puis les donner au public. Je ne veux pas que le public les connaisse par votre intermédiaire. » Alors Newton, à qui lord Halifax ne refusait rien, fit envoyer à Flamsteed l'ordre de publier toutes ses observations. L'autre répondit que cela était impossible, que cela coûterait beaucoup trop cher; et puis, enfin, qu'il ne pouvait les publier avant d'avoir terminé ses travaux. On lui répondit par la nomination d'une commission dont Newton était l'âme et dont Flamsteed ne faisait pas partie, et qui avait pour mandat de publier tous ses papiers. Flamsteed se rendit chez Newton fort mécontent, se plaignant qu'on lui volait son travail. Mais Newton entra dans une colère violente, et, dit Flamsteed, « il m'accabla d'injures, dont la plus petite était de m'appeler *puppy*. » L'impression de ses manuscrits continua. Elle venait d'être terminée lorsque la reine Anne mourut. Lord Halifax quitta le ministère. Newton perdait son protecteur, et les amis de Flamsteed obtinrent que les pièces imprimées lui fussent remises. Il jeta le tout au feu.

Dans ces mémoires, Flamsteed trace de Newton un portrait qui n'est pas flatteur : il ne l'aime pas, et il ne fait pas ce portrait par ses beaux côtés; mais il est impossible, quelle que soit l'animosité personnelle qu'il ait pu porter dans ses jugements, de ne pas lire ces mémoires, qui sont ceux d'un homme considérable et d'un honnête homme, sans être convaincu que Newton avait un bien mauvais caractère.

Newton ne fit plus de découvertes, mais il publia quelques-uns de ces chefs-d'œuvre qu'il avait composés dans sa jeunesse. Le plus important est le *Traité d'op-*

Digitized by Google

*tique*. Je vous en ai dit les principales découvertes, mais il faudrait consacrer une leçon au moins pour vous en donner une idée. Cet ouvrage est un modèle pour le physicien. On a rarement uni au même degré le génie de l'expérience à la force du raisonnement. Il m'est impossible d'entrer là-dessus dans des détails. Je dois vous parler plutôt et bien brièvement de quelques écrits de Newton qui sont d'un ordre tout différent, et que pour cette raison même je ne dois pas passer sous silence.

Newton était un très-habile théologien. Il disait souvent que la matière divine était la plus importante dont il pût s'occuper, et il passait pour fort compétent dans les plus subtiles matières de la théologie. Il a écrit divers traités sur la science divine, dont il s'occupait sans cesse. On a beaucoup parlé de son *Commentaire sur l'Apocalypse*. Je vous avouerai que je ne l'ai pas lu; mais on a cherché à établir, c'était même l'opinion de Laplace, que ce traité de l'Apocalypse avait été écrit pendant cette triste période d'affaiblissement total que les Anglais appellent la maladie de Newton.

Le contraire a été prouvé d'une manière très-certaine, et l'Apocalypse a été, cela est bien établi, composée par Newton en pleine possession de ses facultés. Mais la vérité est que s'il s'était agi du livre des *Principes*, ou du *Traité d'optique*, on n'aurait pas jugé nécessaire d'en faire la preuve.

A côté du traité sur l'Apocalypse, je vous citerai encore une lettre de Newton à Burnett. Burnett avait fait une théorie de la terre, où il disait : « Pour achever la création, six jours, c'est bien peu. » Newton lui répondit : « Vous pouvez ne pas vous gêner; vous pouvez faire les jours aussi longs que vous voudrez. Il n'y a à cela aucune impiété. Qu'est-ce qu'un jour? C'est la durée de la rotation de la terre. Eh bien, avant la création de la terre, la question est claire, il n'y avait pas de jour; et, une fois le globe créé, il ne faut pas croire qu'une si grosse masse se soit mise à tourner si vite immédiatement; et, si la force qui lui a donné l'impulsion lui a fait faire un tour la première année, il en résulte qu'elle a fait trois tours la seconde année, etc. »

Par conséquent, dans les premiers temps du monde, les jours étaient extrêmement longs.

Il ajoute que dans ce système il faudrait accroître l'âge d'Adam de quatre-vingt-dix ans. « Mais ce n'est pas une affaire », dit-il.

La vieillesse de Newton fut heureuse. L'admiration de ses contemporains égala presque celle de la postérité. Le marquis de l'Hôpital demanda un jour à un Anglais qui connaissait Newton, si l'auteur du livre des *Principes* était soumis aux besoins de l'humanité, mangeait, buvait et dormait comme les autres hommes. Il put continuer jusqu'au dernier jour ses études et ses travaux sans être en butte aux contradictions qui l'avaient tant inquiété dans sa jeunesse, et dont l'autorité de son nom le garantissait désormais. Il était entouré d'une famille qui savait être fière de lui, la famille de ses nièces, et il atteignit l'âge de quatre-vingt-trois ans sans infirmités et sans souffrances. Il mourut à quatre-vingt-quatre ans, après une douloureuse maladie supportée avec courage et résignation.

Le nom de Newton est tellement grand, qu'on est tenté, en le prononçant, d'oublier le mot de Pascal : « Les grands hommes, si élevés qu'ils soient, sont semblables aux autres par quelque endroit. » Newton, vous avez pu le voir, n'a pas échappé à la loi commune. Son génie scientifique est incomparable comme la grandeur des problèmes encore intacts sur lesquels il lui a été donné de s'exercer. Mais là se borne sa supériorité.

Sur les questions d'un autre ordre, cet esprit si net, si ferme quand il s'agissait de science, se montrait timide, irrésolu, bizarre, et quelquefois même, malgré sa constante et irréprochable vertu, dépourvu d'élévation. Lorsque sa correspondance sort du cercle habituel de ses études, elle n'est pas digne d'un aussi grand esprit.

Voici une lettre qu'il écrivait à une jeune femme, lady Norris, pour laquelle il avait beaucoup d'affection; car, dans sa correspondance avec sa nièce, il en parle plusieurs fois, et la nomme « Ma chère lady Norris ».

Eh bien, il lui écrivait :

« Madame, votre grand chagrin pour la perte de » sire William, votre époux, montre que, s'il était re- » venu bien portant, vous auriez été heureuse de vivre » encore avec un mari. Votre aversion à vous remarier » ne peut donc venir que des souvenirs de celui que vous » avez perdu. La maladie que le chagrin vous a ame- » née montre combien le veuvage est ennemi de votre » santé.....

» Le remède à tous les maux est un nouveau mari. »

On a dit, avec quelque vraisemblance, que le nouveau mari, si singulièrement offert à lady Norris, n'était autre que Newton lui-même.

D'autre part, on a affirmé que Newton, absorbé dans ses hautes pensées, n'avait jamais connu l'amour. Mais on peut concilier les deux choses; car si cette lettre, à la rigueur, peut être une demande en mariage, ce n'est certainement pas une lettre d'amour.

Voici encore une autre lettre de Newton. Comme directeur de la Monnaie, on lui avait demandé son avis sur la conduite à tenir envers un faux monnayeur.

Voici ce qu'il répondit :

« Je ne connais nullement Edmund Mitculf, convaincu » aux assises de Derby d'avoir contrefait la monnaie; » mais puisqu'il est convaincu, mon humble opinion est » qu'on le pende, cela vaut mieux que de s'exposer à ce » qu'il s'échappe pour aller contrefaire encore la mon- » naie : car ces gens sont incorrigibles, et il est difficile » de les surprendre. Je dis cela avec la plus humble » soumission à la volonté de Sa Majesté, et je suis, » milord..... »

Messieurs, Galilée disait que les taches du soleil sont aussi apparentes, pour qui sait les regarder, que de

Digitized by Google

l'encre sur du papier blanc. On en pourrait dire autant de l'intelligence si vaste et si haute de Newton, et, après avoir lu ces lettres, il semble impossible de ne pas en voir, je ne dirai pas les bornes, mais les lacunes. Mais c'est trop insister sur un tel sujet. Lorsque nous nommons Newton, songeons seulement au livre des *Principes* : c'est assez pour sa gloire d'avoir élevé un monument que deux siècles d'études et de travaux, en le laissant intact, n'ont fait qu'étendre et qu'affermir, et que Lagrange, l'illustre Lagrange, presque l'égal de Newton, a pu appeler, sans que personne y ait contredit, la plus haute production de l'esprit humain.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### CONFÉRENCE DE M. PASTEUR
(de l'Institut).

**Des fermentations ou du rôle de quelques êtres microscopiques dans la nature.**

Nos lecteurs n'ont certainement pas oublié cette belle leçon consacrée l'an dernier, par M. Pasteur, à l'étude des générations dites spontanées, qui a eu un si grand retentissement et a soulevé dans le monde scientifique une polémique si vive (1).

M. Pasteur est mieux qu'un chimiste de profession, c'est un savant passionné pour la science. Sa parole un peu âpre a les contours arrêtés, l'allure décidée et nette qu'affecte le langage des hommes qui se croient en possession de la vérité. On sent, en l'écoutant, qu'il a une foi très-vive dans les idées dont il se constitue le défenseur, et que la lutte ne lui déplaît pas.

Et comme il possède un rare talent d'exposition, qu'il joint à ce mérite si précieux de savoir être clair une forme vraiment élevée et littéraire, il ne faut pas s'étonner que l'annonce d'une leçon professée par lui attire à la Sorbonne beaucoup plus de monde que le grand amphithéâtre n'en peut contenir.

Ces jours-là, les adversaires de la doctrine des générations spontanées, qui sont évidemment en majorité dans l'assemblée, ne sont jamais bien sûrs de n'avoir pas été placés par une malice du hasard auprès d'un partisan forcené de cette même doctrine.

C'est un attrait plus vif que celui d'une simple curiosité scientifique, qui rend si attentifs tous les membres de cet auditoire d'élite. On voit qu'ils se croient à la veille d'une de ces batailles courtoises, d'où la science, quel que soit le vainqueur ou le vaincu, sort toujours victorieuse.

L'éminent professeur avait, ce soir-là, choisi pour thème de son enseignement la question des fermentations.

« Tout ce qui vit doit mourir, dit en commençant » M. Pasteur, et après la mort, tout se détruit, ou mieux » tout se transforme. La vie et la mort sont choses corré- » latives. Il faut qu'après la mort toutes les matières » constituantes de l'être vivant fassent retour au sol et à » l'air atmosphérique.

« Mais comment ces principes des êtres vivants font- » ils retour au règne minéral ; en d'autres termes, en » quoi consiste ce que, dans le langage ordinaire de la » science, on appelle des noms de fermentation et de » putréfaction ? »

Voilà le problème à résoudre.

Sur le bureau, devant le professeur, au milieu de cet attirail de vases aux formes savamment bizarres qui sont l'accompagnement obligé de toute démonstration chimique, il y a un pot de fleur. Une petite plante parfaitement bien portante et couverte d'une verdure tendre s'y prélasse. Pourquoi est-elle là au milieu de ces ballons de verre et de ces éprouvettes. Qu'a-t-elle donc de particulier? Presque rien ! Le vase dans lequel elle est placée a été rempli de sable rendu stérile par la calcination. On a déposé dans ce sable une graine. Cette graine, on l'a arrosée avec de l'eau distillée, c'est-à-dire ne contenant, non plus que le sable, un atome de matière organique. Et la graine est devenue la jolie plante que vous voyez, et cette plante a grandi, elle a suivi toutes les phases d'un développement régulier. Elle arrivera à produire des graines fécondes. De quoi vit-elle donc? Eh bien ! elle vit, comme on dit, de l'air du temps. Et maintenant, que prouve ce singulier phénomène? C'est que le grand réservoir où la vie des végétaux s'alimente, c'est l'atmosphère. C'est que toutes les matières organiques qui entrent dans la composition des végétaux ne sont que des combinaisons des principes élémentaires de l'air atmosphérique, et que, sauf la partie minérale, qui, après la mort retourne au sol, les tissus des plantes ne contiennent que de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote et du charbon. Puis, comme les animaux, qu'ils vivent de plantes ou soient carnivores, ne se nourrissent en définitive que de produits du règne végétal, il en résulte qu'il en est de même des solides et des liquides dont leur corps est formé. « Donc, conclut le professeur, la vie est » la mise en œuvre des gaz de l'atmosphère, et consiste » dans le passage de ces gaz à l'état solide et à l'état li- » quide.

« Vivre, c'est en quelque sorte soustraire des gaz à » l'atmosphère, et les organiser en substances solides et » liquides. »

Mais s'il en est ainsi, s'il est vrai que l'atmosphère soit la source commune où tous les êtres organisés puisent la vie, comment se fait-il que depuis ces époques si lointaines où la terre était habitée par des races d'animaux et de végétaux gigantesques, jusqu'à l'heure présente, cette source ne soit pas encore tarie, qu'elle ne semble pas près de se tarir encore? C'est qu'elle trouve dans la mort, et dans la dissolution qui l'accompagne et qui la suit, un moyen de réparer ses pertes; c'est que tout ce qui a vécu retourne à l'atmosphère !

Comment la nature s'y prend-elle, après avoir trans-

(1) Voy. le n° 21 de l'année dernière.

Digitized by Google

formé les gaz constitutifs de l'air en corps solides et liquides, pour ramener ensuite ces liquides et ces solides à l'état gazeux ?

Son procédé, c'est la combustion. — Une combustion lente qui est pour le chimiste exactement le même phénomène que celui qui se produit dans nos foyers, que la combustion vive avec incandescence, avec flamme.

Ainsi, qu'on fasse brûler une tige d'acier dans une éprouvette remplie d'oxygène pur, expérience dont M. Pasteur donne le spectacle à ses auditeurs, ou qu'on laisse se rouiller à l'air humide un morceau de fer, dans les deux cas, le phénomène qui se produit, c'est la combinaison du fer avec l'oxygène.

Ce qui se passe pour le fer, se passe tout aussi bien pour les matières organiques.

La seule différence entre le phénomène de la combustion du fer et celui de la combustion de ces matières, c'est que le fer, en se combinant avec l'oxygène de l'air, produit un corps solide plus lourd que lui-même, la rouille, tandis que les matières organiques se dissipent, parce que les produits de la combustion sont des gaz.

Mais y a-t-il des agents qui favorisent et accélèrent cette décomposition des matières organiques, et s'il y en a, quels sont-ils?

M. Pasteur met sous les yeux du public un ballon de verre qui contient du bouillon de ménage. Ce vase, semblable à ceux qui ont servi à ses belles expériences sur les générations spontanées, est terminé par un col allongé, étroit, sinueux, et dont l'ouverture est d'à peu près un millimètre carré.

La matière organique contenue dans ce ballon y a été déposée le 24 juin dernier. Elle y est exposée à l'air libre, et cependant elle est restée parfaitement pure, elle est encore telle que le premier jour. La combustion lente, dans les conditions où se trouve placé le bouillon, ne produit donc qu'une action tout à fait insensible, qu'il faudrait des années pour rendre apparente.

La même substance déposée depuis quelques jours seulement dans un autre vase, qui, sauf la courbure du col, présente tout à fait les mêmes conditions, est déjà trouble, et si l'on faisait l'analyse de l'air contenu dans ce ballon, on trouverait que tout l'oxygène en a disparu et a été remplacé par une quantité à peu près égale en volume de gaz acide carbonique.

La combustion lente de la matière organique y a donc été très-sensible.

D'où vient cette différence entre les deux vases? C'est que les sinuosités du premier n'ont pas permis aux germes répandus dans l'atmosphère d'atteindre le liquide qu'il contient; tandis que ces germes sont arrivés jusqu'au bouillon du second vase, et, trouvant dans cette substance un milieu favorable, s'y sont développés, et y ont donné naissance à des animalcules infusoires de la plus petite espèce connue.

Du reste, le résultat eût été le même si, au lieu d'infusoires, il se fût développé une moisissure à la surface du liquide.

Que faut-il conclure de ces phénomènes? C'est qu'à la différence du fer, sur lequel la rouille se forme par le seul fait du contact immédiat avec l'air humide, pour que la combustion lente des matières organiques se produise, il faut qu'il y ait un intermédiaire, et que cet intermédiaire, ce sont les infusoires et les moisissures.

M. Pasteur en donne pour exemples deux grappes de raisin. La première est à peu près telle qu'elle a été cueillie. Elle a subi seulement une légère dessiccation, mais elle est parfaitement saine. L'autre est envahie par les moisissures, elle se consume peu à peu. C'est que celle-ci a été laissée à l'air humide, tandis que la première a été maintenue à l'air sec, et que les germes des êtres microscopiques qui sont à sa surface n'y ont pas trouvé le degré d'humidité suffisant pour se développer.

Sur un signe de M. Pasteur, l'obscurité est faite dans la salle, et l'image photographiée d'une de ces moisissures, considérablement grossie et éclairée par la lumière électrique, apparaît sur un large écran placé devant le professeur.

La moisissure du raisin est formée d'une tige plus ou moins rameuse, à l'extrémité de laquelle se trouvent des chapelets de petites boules qui ne sont autre chose que les graines de la plante, et qui s'en détachent très-facilement pour aller se déposer sur les objets environnants, où il suffira à chacune d'elles de trouver un peu d'humidité pour reproduire une moisissure semblable à la moisissure mère.

« Que fait, dit le professeur, au point de vue chimique, » cette végétation microscopique à la surface de la » grappe de raisin. Elle fixe, c'est un fait d'expérience, » corrélativement à son développement, le gaz oxygène » sur tous les principes élémentaires de la matière du » raisin, et peu à peu ces principes élémentaires se dissi- » pent dans l'atmosphère..... Ce sont les êtres micros- » copiques qui sont les principes actifs de ce grand » résultat. »

La nature n'emploie-t-elle que cette seule voie pour arriver à la désassociation de la matière organique et à sa destruction au contact de l'air? Non, il y en a une autre qui a avec elle beaucoup d'analogie, et qui est peut-être plus intéressante encore : c'est la fermentation proprement dite. Lors de la fermentation du moût de raisin, un phénomène extérieur se produit : c'est un dégagement de gaz si rapide et si abondant, qu'on dirait une véritable ébullition.

En même temps une transformation s'opère dans la masse du liquide. Le sucre du raisin se dédouble; au bout de quelques jours, il a disparu complétement et il a été remplacé à peu près pour moitié de son poids par un liquide nouveau, entièrement inflammable et volatil. L'acide carbonique qui s'est dégagé a emporté l'autre moitié. Quelques centièmes de produits différents se

Digitized by Google

sont formés. Comment s'opère ce dédoublement du sucre? Il n'y a aucun réactif chimique, aucun procédé de laboratoire qui permette à l'heure qu'il est à la science de l'effectuer. On ne connaît qu'un seul moyen de l'obtenir, c'est la fermentation.

La fermentation est un phénomène d'un caractère tout à fait général. Si le degré d'humidité et l'élévation de la température sont suffisants, toute matière organique, quelle qu'elle soit, est fermentescible, à une condition toutefois, c'est qu'elle soit morte; mais cette condition remplie dans l'espace de quelques heures, il y aura toujours la fermentation ou la putréfaction.

Ici la science vient encore poser son éternel pourquoi, et se demande quelle est la cause de ce singulier phénomène.

Pour le savoir, il suffit de regarder au microscope une goutte du liquide en fermentation, et l'on reconnaît qu'elle est remplie de petites cellules toutes bourgeonnantes, qui constituent peut-être la forme la plus simple de l'organisation végétale, et dont les bourgeons, quand ils ont acquis à peu près le volume des cellules mères, se détachent et vont bourgeonner pour leur compte un peu plus loin.

Ces petits végétaux sont la cause unique de la fermentation, et ce qui le prouve, c'est que si l'on s'oppose de façon ou d'autre à leur développement; si, par exemple, on amène le moût du raisin à consistance de sirop, elle n'est plus possible.

« Je puis exprimer ce résultat, dit le savant professeur, en affirmant qu'il n'y a pas une goutte de vin, » pas une goutte de bière, pas une goutte de cidre qui » n'ait été produite par ce petit végétal. »

Toutefois la science n'a pas encore dit son dernier mot sur ce sujet, elle ne sait trop comment expliquer la transformation si prompte de la matière sucrée; mais dans ces dernières années on a découvert de petits animalcules infusoires qui ont la singulière propriété de vivre absolument à l'abri du contact de l'air, et que l'air fait périr.

M. Pasteur est convaincu que c'est à ces petits êtres que se rattache tout le mystère de la fermentation, précisément parce qu'ils peuvent vivre sans air; parce que, étant beaucoup plus avides d'oxygène que tous les autres êtres, ils ne peuvent le supporter quand il est libre, et qu'ils peuvent vivre au contraire dans les matières oxygénées où il n'est pas libre. Mais alors l'oxygène n'étant pas libre, il faut une action vitale pour le soustraire, et de là la cause de la fermentation.

En présence de ce monde des infiniment petits, l'esprit humain voit les problèmes se multiplier devant lui. Mais il y en a un qui prime tous les autres et qui attire tout d'abord l'attention du savant, c'est celui de l'origine de ces petits êtres. D'où viennent-ils? Comment se forment-ils? Et l'esprit humain de se donner à lui-même tout d'abord la solution la plus commode de toutes, une solution qui a ce mérite de dispenser de toutes recherches ultérieures. Cela vient tout seul, se dit-on, ce sont des générations spontanées!

Le sujet qu'il traite ramène donc tout naturellement M. Pasteur à l'examen de cette grande question. Mais ne voulant pas rentrer dans une discussion qu'il a soutenue l'année dernière avec tant d'éclat, il se contente d'exposer l'histoire fort intéressante d'un de ces petits êtres dont il avait été pendant longtemps impossible à la science de surprendre le mode de reproduction.

La nielle, cette maladie du blé, est produite par la présence dans les grains malades de petits vers microscopiques, les anguillules.

Ces anguillules, M. Pasteur nous les montre d'abord endormies d'un sommeil léthargique dans le grain de blé desséché où elles sont logées; puis retrouvant la vie lorsqu'un peu d'humidité a été rendue au grain, et s'agitant alors, fretillant avec une vivacité singulière.

Ces anguillules n'ont absolument aucun organe de génération. Il n'y a parmi elles ni mâles ni femelles. Donc ce sont, a-t-on dit, des générations spontanées.

Eh bien, voici à cet égard la vérité. Que parmi les grains de blé confiés par le laboureur aux sillons, il s'en trouve un qui soit niellé, ce grain s'imprégnera de l'humidité du sol, et tandis que cette humidité apportera la vie aux grains bien portants, les fera germer, se développer, le grain niellé, au contraire, se pourrira. L'humidité pénétrera jusqu'aux anguillules. Alors se réveillant de leur long sommeil, elles ressusciteront, pour ainsi dire, et perforant l'enveloppe pourrie qui les enferme, elles iront chercher les grains bien portants, y pénétreront, et s'établissant dans l'intervalle des feuilles naissantes, suivront peu à peu tout le mouvement de la jeune plante.

Elles arriveront ainsi aux feuilles qui renferment le jeune épi, et finiront par pénétrer dans ses grains encore mous et laiteux.

Une fois là, elles deviennent adultes; les unes prennent des organes de génération mâles, d'autres des organes femelles.

Les femelles, fécondées par les mâles, pondent des œufs.

De chacun de ces œufs sort une petite anguillule. Le père et la mère alors périssent; les débris de leur corps se résorbent entièrement, et quand l'épi niellé est mûr, il n'y a plus dans le grain que les petites anguillules dont nous parlions tout à l'heure, et qui demeurent sans mouvement si l'épi est sec. Vous voyez qu'il n'y a plus de difficultés d'origine pour ces anguillules. Ce sont des jeunes qui n'ont pas encore d'organes de génération visibles, qui ne les ont qu'en puissance.

Après cette courte excursion sur le domaine des générations spontanées, le professeur revient à la question qui fait l'objet principal de sa conférence et à l'examen du cas particulier qu'il a choisi pour sujet de ses démonstrations. Après avoir montré comment, par suite de la fermentation du moût de raisin, le sucre qu'il conte-

Digitized by Google

nait a disparu, comment de l'acide carbonique s'est produit, et de l'alcool s'est formé dans la masse du liquide, il se demande si la série de phénomènes successifs qui ont pour but la désagrégation de la matière, la restitution des éléments qui la composent à la source commune, est décidément terminée. Il n'en est rien. Après que la fermentation s'est arrêtée, de nouveaux phénomènes se produisent. La fleur de vin, la fleur du vinaigre, apparaissent à la surface du liquide.

Ce sont des végétations analogues à celles dont il a déjà été question tout à l'heure.

M. Pasteur met sous les yeux du public les images agrandies de ces moisissures, qui sont fort belles. Leur action, en fixant sur le liquide l'oxygène de l'air, a pour résultat de transformer l'alcool : la fleur du vin en fait immédiatement de l'eau et de l'acide carbonique; celle du vinaigre le change d'abord en acide acétique.

Mais le vinaigre est encore une matière organique, et si le cercle des transformations s'arrêtait là, il ne serait pas complet. Mais ces petits êtres microscopiques peuvent continuer leur action comburante; et alors peu à peu tout le charbon et tout l'hydrogène du vinaigre passent à l'état d'acide carbonique et de vapeur d'eau, et la matière organique tout entière finit par se détruire et par faire retour à l'atmosphère.

La conclusion de cette étude, c'est donc que la vie ne saurait exister sur la terre, s'il n'y avait pas en même temps, non-seulement la mort, mais la dissolution, qui en est la conséquence; c'est que des êtres immortels auraient bientôt épuisé cette source de toute existence, qui est l'air dont nous sommes environnés; c'est que ces infiniment petits, qui ne s'offraient, il y a quelques années encore, aux regards du savant que comme une preuve curieuse de l'exubérante fécondité de la nature, jouent au contraire un rôle immense dans l'univers, et que la disparition des espèces microscopiques entraînerait toutes les autres dans une ruine commune.

C'est là ce que la chimie moderne a découvert, et ce sera son éternel honneur. — Danicourt.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

## BOTANIQUE (1).

### COURS DE M. CHATIN.

### IV.

### Des racines.

Les racines sont les parties souterraines des plantes. Elles se dirigent vers la terre, et sont ainsi opposées à la tige. Elles fuient la lumière que celle-ci recherche; elles manquent d'épiderme vrai, de stomates, et ne renferment pas de chlorophylle. Leur écorce est constituée par un développement considérable de la couche cellulaire; en général, elles manquent de liber, et lorsqu'il existe des faisceaux libériens, ceux-ci alternent avec les faisceaux ligneux, au lieu de leur être opposés comme dans la tige. Elles n'ont pas généralement de moelle, et manquent souvent, du moins chez les Dicotylédones, de trachées déroulables. Enfin elles ne portent ni feuilles, ni bourgeons.

On y distingue deux types principaux : les racines simples et conoïdes, qui appartiennent aux Dicotylédones; les racines multiples ou composées, dans les Monocotylédones. Les formes qui se rattachent à ces deux manières d'être sont très-variables et reçoivent des noms appropriés. La consistance des racines est très-variable, ainsi que leur constitution chimique; elles peuvent être de nature ligneuse, amylacée, sucrée, etc. Leur taille n'est pas toujours en rapport avec celle de la tige. La Bryone, la Luzerne et le Serpolet ont de grandes racines et une tige grêle; le *Chamœrops humilis*, le *Cactus* en ont de très-petites eu égard à leur tige. Très-souvent les deux systèmes opposés, les rameaux et les racines, se développent parallèlement. C'est ainsi que dans les grands arbres, les extrémités des racines, siége essentiel de l'absorption, se trouvent être placées par une sorte de loi providentielle au delà ou en dehors de la zone abritée par les feuilles contre la pluie.

Les racines sont parfois disposées symétriquement, comme les rameaux et les feuilles; mais le plus souvent leur disposition primitive est masquée par des avortements. Aperçue par Bonnet, la rhizotaxie a été surtout étudiée par M. le professeur Clos. Quant à leur siége, on dit que les racines sont *aériennes* (dans la Vanille), *aquatiques* (dans la Lentille d'eau), mais plus ordinairement elles sont terrestres.

Les racines aquatiques verdissent parfois (Châtaigne d'eau), mais ce fait n'est pas assez général pour qu'on puisse le rapporter au milieu transparent où elles végètent. De plus, elles ont ordinairement une moelle. Les racines aériennes ont aussi une moelle, et leur extrémité est verte, mais elles sont en outre pourvues d'une enveloppe épidermoïdale spéciale, blanche, formée par des cellules spiralées, élastiques, absorbant l'humidité et condensant l'air, organisation qui les rend propres à déterminer la production des composés nitreux et ammoniacaux si nécessaires à la végétation.

Les racines diffèrent, quant à leur origine. Dans les Dicotylédones, elles peuvent être primitives ou adventives. Les racines primitives persistent, et constituent le corps conoïde vulgairement connu sous le nom de souche. Dans les Monocotylédones, les racines primitives se détruisent, et sont remplacées par des racines adventives qui se superposent aux anciennes, et donnent parfois aux arbres un aspect suspendu. Les plantes que l'on produit par boutures ne possèdent que des racines adventives. Les racines primitives diffèrent elles-mêmes dans les deux grands embranchements des plantes phanérogames. Dans les Dicotylédones, le Haricot par exemple, la radicule de l'embryon s'allonge simplement par sa pointe, pour former une racine qui persiste et sur laquelle se développent des racines secondaires. Dans les Monocotylédones, le Blé par exemple, le corps radiculaire est enveloppé par une membrane (coléorhize) qui se déchire sur plusieurs points pour livrer passage aux racines multiples de la plante, racines qui souvent se détruisent bientôt après, pour être remplacées par des racines adventives. De là la division, proposée par Richard, des végétaux en *exorhizés* et en *endorhizés*. Mais cette nouvelle division n'était pas elle-même à l'abri de la

(1) Voy. le n° 51 de la 1re année et les nos 1er et 8 de la seconde.

Digitized by Google

critique. Ainsi, la Capucine est à la fois endorhizée et à racines multiples, et dans une plante très-vulgaire, le Radis, la coléorhize persiste très-développée vers la base de la racine, sur laquelle elle se réfléchit. L'accroissement en longueur des racines se fait uniquement par l'extrémité, ainsi qu'on le constate aisément par des marques faites sur divers points de leur surface.

*Fonctions.* — Les racines servent à puiser dans la terre les sucs nourriciers nécessaires à l'accroissement de la plante, à la fixer au sol, et enfin à équilibrer la température du végétal, en l'élevant en hiver, et la tempérant en été. Quelquefois elles deviennent le réservoir de matières destinées au développement prochain, telles que la fécule, le sucre, l'inuline, etc., produits emmagasinés que l'homme détourne souvent pour les appliquer à la médecine, aux arts ou à l'économie domestique.

## V.

### De la tige.

La tige est la partie supérieure et ascendante de l'axe végétal : toujours dirigée vers le zénith et la lumière, elle donne naissance aux feuilles et aux fleurs. Elle possède un véritable épiderme, une enveloppe de tissu cellulaire vert, des couches libériennes et une moelle. Cet organe existe constamment, mais quelquefois il reste très-court, et les feuilles semblent naître du collet ou partie supérieure de la souche, comme cela se voit dans le Pissenlit (*Taraxacum dens leonis*) : c'est à ces plantes qu'on donnait autrefois le nom de plantes acaules ou sans tige ; cependant toutes ces plantes ont une véritable tige, très-courte à la vérité, et qui reste cachée sous la terre.

La tige peut être *simple* ou *ramifiée* ; elle peut être *ligneuse*, c'est-à-dire dure et constituant du bois ; *sous-ligneuse* ou *herbacée*. On en distingue cinq types principaux :

1° Le *tronc*, tige conique des Dicotylédones.

2° Le *stipe*, tige cylindrique des arbres monocotylédonés.

3° Le *chaume*, tige creuse et entrecoupée par des nœuds : tige des Graminées.

4° Le *bulbotige*, dont la structure ressemble beaucoup à celle du chaume ; mais elle en diffère en ce qu'elle est conoïde ou ellipsoïde et très-courte : tige des Orchidées épidendrées.

5° Le *rhizome* ou tige souterraine.

*Tronc.* — Le tronc ou tige des arbres dicotylédonés, examiné dans son organisation intérieure, est formé de couches concentriques superposées. Si l'on procède de l'extérieur à l'intérieur, on trouve qu'il se compose d'un épiderme, d'une enveloppe subéreuse, qui manque cependant assez souvent : c'est elle qui, en se développant, constitue le liége dans le *Quercus suber* ; d'une enveloppe herbacée ; de fibres libériennes très-allongées, tenaces, textiles, souvent groupées en faisceaux disposés très-régulièrement. L'ensemble de ces diverses parties constitue l'écorce, qui est séparée du bois proprement dit par la *zone génératrice*, couche ordinairement transparente, formée d'utricules allongées dans le sens perpendiculaire, et dans laquelle se passent tous les phénomènes de l'accroissement en épaisseur.

Le corps ligneux ou le bois est toute la partie de la tige située immédiatement au-dessous de l'écorce, jusqu'à l'étui médullaire, partie la plus interne du tronc dont elle occupe le centre. Le bois est ordinairement composé d'autant de couches concentriques que l'arbre a d'années ; la couche de la première année constitue l'étui médullaire, qui seul contient des trachées. Ces couches concentriques à tissu médullaire sont toutes semblables entre elles, et formées chacune de vaisseaux à l'intérieur et de fibres à l'extérieur ; c'est même la différence de texture et d'aspect de ces éléments anatomiques qui permet de bien distinguer ces différentes couches annuelles dont se compose la tige. On donne aux couches externes du bois le nom d'*aubier*, et celui de *duramen* au cœur du bois, aux couches internes et plus anciennes. Le duramen diffère généralement de l'aubier par sa dureté plus grande et sa coloration plus foncée ; quelquefois cette différence de coloration est extrêmement marquée, et le changement se fait brusquement, comme dans le bois d'ébène par exemple, dont l'aubier est blanc, et le cœur ou duramen d'un très-beau noir.

*Stipe et chaume.* — Le stipe ou tige des Monocotylédones tropicales (Palmiers, *Dracæna*, *Pandanus*) est ordinairement simple, cylindrique, aussi gros au sommet qu'à la base, et couronné par un bouquet de feuilles. Le système ligneux du stipe se compose de faisceaux fibro-vasculaires, en apparence dispersés irrégulièrement dans l'intérieur de la tige, mais en réalité disposés dans un ordre constant ; à partir de la base des feuilles, ils s'infléchissent sous la forme d'un arc pour gagner la partie centrale de la tige ; puis, après un trajet plus ou moins long, ils regagnent insensiblement la partie extérieure de la tige, dans laquelle ils viennent se perdre sous la zone cellulaire représentant l'écorce ; les faisceaux répondant aux feuilles les plus jeunes se croisent avec les anciens, au-dessus ou plutôt au dehors desquels ils s'appliquent.

La composition de chaque faisceau varie avec le point où on l'observe. Depuis la base des feuilles jusqu'au centre de la tige, il existe des trachées, des vaisseaux ponctués et des fibres ligno-corticales ; mais dès que le faisceau s'éloigne du centre, il perd ses trachées, puis ses vaisseaux ponctués, et enfin, arrivé près de la surface, il n'offre plus que des fibres analogues aux fibres libériennes. Les fibres ligneuses étant alors plus nombreuses et plus serrées à l'extérieur qu'à l'intérieur, on comprend sans difficulté que la partie la plus dure dans le stipe se trouve à l'extérieur ; souvent même il arrive que les fibres centrales finissent par disparaître complétement.

Cette apparence trompeuse a induit en erreur les premiers botanistes. Desfontaines en avait conclu que les faisceaux les plus jeunes étaient au centre, et par suite que la végétation était inverse de celle des Dicotylédones ; d'où le nom de plantes *endogènes*, adopté par de Candolle, pour les Monocotylédones, comparativement à celui d'*exogènes* donné aux Dicotylédones. Des travaux plus récents, dus surtout à MM. Mohl, de Mirbel, Martius, ont prouvé que cette opinion était fausse. Nous avons vu en effet que les fibres naissent constamment de la partie externe de la tige, et qu'elles viennent s'y terminer, après avoir cheminé quelque temps à la partie centrale : toutes les plantes sont donc en réalité *exogènes*.

Dans les Graminées, la tige porte le nom particulier de *chaume* : c'est une tige creuse, entrecoupée de distance en distance par des nœuds ou diaphragmes dont on a voulu expliquer la formation par l'inflexion même des fibres ; les intervalles que les nœuds laissent entre eux renferment souvent de petits cristaux de silice que M. le professeur Guibourt a reconnu être de l'hydrophane, substance que l'on croyait n'exister que dans le règne minéral.

*Bulbotige.* — C'est une modification particulière du stipe que l'on rencontre dans un grand nombre d'Orchidées épi-

Digitized by Google

phytes : c'est une tige simple, renflée en forme de tubercule, tantôt ovoïde, tantôt un peu allongée, et émettant à son sommet des feuilles en nombre variable et un pédoncule chargé de fleurs. Malgré la différence de forme, la constitution est analogue à celle du stipe.

*Rhizome.*— Le rhizome, ou tige souterraine, appartient aux Acotylédones, aux Monocotylédones et aux Dicotylédones; on en trouve dans les Fougères, le *Nymphæa*, le Sceau-de-Salomon, l'Apocin, la Ouate, etc.

Le rhizome porte des feuilles : les écailles que l'on voit dans le Chiendent ne sont que des feuilles rudimentaires; il porte des bourgeons et verdit à la lumière. Dans les rhizomes, les fibres libériennes manquent; ordinairement, il n'a pas non plus de trachées. Le rhizome a été regardé pendant longtemps comme étant une racine; plus tard il a été reconnu qu'il appartient à la tige, avec laquelle il a toutefois été trop assimilé : sur la même plante, en effet, on constate le plus souvent dans la tige aérienne la présence de fibres corticales et de trachées qui manquent au rhizome.

Dans quelques plantes les rhizomes croissent presque indéfiniment, sans se détruire en arrière, et atteignent ainsi quelquefois des longueurs de 15 à 20 mètres : le *Carex arenaria* en fournit un exemple; d'autres fois, dans le *Scabiosa succisa*, le rhizome se prolonge toujours en avant, mais se détruit en même temps en arrière.

*Collet.*— Le collet, ou nœud vital, n'est qu'un plan idéal, où la polarité de la tige et les racines se déterminent. Dans quelques plantes (*Tropæolum*) le collet est indiqué par un plexus fibro-vasculaire.

*Accroissement des tiges.* — Les tiges des Dicotylédones s'accroissent en longueur et en diamètre, et cet accroissement est excessivement variable avec les différentes plantes, depuis le *Scirpus setaceus* qui est filiforme, jusqu'aux énormes *Sequoia*, platanes et sycomores, dont quelques-uns ont des dimensions gigantesques et semblent exister depuis plus de mille ans. Le Châtaignier de l'Etna, dit des cent cavaliers, est un des plus extraordinaires; il est vrai qu'on doit le considérer comme formé par la soudure de plusieurs tiges formant cépées.

L'accroissement en longueur de la tige a lieu du moins pendant les premiers âges, par tous les points; car des incisions transversales pratiquées sur les jeunes pousses s'écartent à mesure que l'arbre grandit.

L'accroissement en diamètre des Dicotylédones se fait au moyen d'une nouvelle couche de bois se superposant chaque année sur les anciennes, et d'une couche d'écorce se formant à l'intérieur des anciennes; mais il arrive quelquefois, dans la Vigne par exemple, que les anciennes couches d'écorce se détruisent à mesure que les nouvelles se forment.

Si l'on grave des lettres sur un arbre, en attaquant le bois, il se produit des cavités qui vont en se distendant, et qui finissent par être recouvertes par les couches nouvelles.

On peut évaluer l'âge d'un arbre en comptant le nombre des couches circulaires dont est formé son bois; cependant quelques Malvacées (*Baobab*, etc.) en forment plusieurs par an, tandis que d'autres fois ces zones concentriques annuelles se confondent en quelque sorte les unes avec les autres. Ce phénomène s'observe surtout dans les arbres des climats chauds, où la végétation se continue presque sans interruption, ou du moins ne s'arrête jamais d'une manière absolue.

Trois théories principales ont été proposées pour expliquer l'accroissement en diamètre des Dicotylédones : celles de Grew, Malpighi, Lahire, Dupetit-Thouars et Gaudichaud.

D'après Grew, chaque année l'ancienne couche de bois en produit une nouvelle de même nature; il en serait de même pour l'écorce.

D'après Malpighi, il se forme d'abord deux couches de liber, dont l'intérieure se transforme par la suite en bois.

Enfin, d'après Lahire, Dupetit-Thouars et Gaudichaud, chaque bourgeon envoie entre le bois et l'écorce des racines dont l'ensemble forme la couche nouvelle.

Quant aux Monocotylédones, leur accroissement se fait principalement en hauteur; quelques *Dracæna* cependant acquièrent quelquefois un grand diamètre, mais on remarque qu'alors leur structure se rapproche de celle des Dicotylédones en ce que leur tige se ramifie.

Les Dicotylédones arborescentes (Fougères) ont un stipe qui rappelle par sa forme celui des Monocotylédones, mais dans lequel les éléments fibro-vasculaires sont groupés vers la circonférence, où ils dessinent souvent de bizarres arabesques dont le centre est composé de vaisseaux prismatiques.

Armand Descamps, pharmacien.

---

Demain dimanche, 19 février, aura lieu au cirque de l'Impératrice, sous la présidence de M. le ministre de l'instruction publique, la distribution des prix aux ouvriers qui suivent les cours gratuits de l'Association polytechnique.

— Par suite d'un fâcheux malentendu, M. Jamin n'a pu nous renvoyer à temps les épreuves relatives à sa conférence *sur l'aimant*, dont nous avons publié le compte rendu dans notre dernier numéro. N'ayant pu profiter de ses corrections, sur lesquelles nous avions compté jusqu'au dernier moment, nous croyons devoir faire remarquer à nos lecteurs que cet article n'était pas une sténographie des paroles du professeur, mais une rédaction, bien que la forme directe ait été le plus souvent conservée pour la commodité du discours. Nous ajouterons qu'il n'y a aucun rapport entre M. Barbedienne et la compagnie *l'Alliance*, comme nous avons eu l'air de le dire. Il ne sera pas inutile de rappeler, à cette occasion, que nous ne publions jamais la sténographie ou la rédaction d'une leçon sans que le professeur en ait revu les épreuves, et il a fallu un malheureux concours de circonstances pour nous faire manquer involontairement à cette règle, que nous nous sommes strictement imposée.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

Bibliothèque d'Histoire contemporaine :

Th. CARLYLE. Histoire de la Révolution française, traduite de l'anglais par MM. Élias Regnault et Odysse-Barot. 1er volume : *la Bastille*. 1 vol. in-18 de 360 pages. 3 fr. 50

Cet ouvrage sera complet en trois volumes. Le second volume aura pour titre : *la Constitution*, et le troisième : *la Guillotine*.

Les ouvrages suivants, dus à la plume de divers écrivains français et étrangers, paraîtront successivement dans cette Bibliothèque : *Histoire de Napoléon Ier*, 1 vol. — *Histoire de Louis-Philippe*, 1 vol. — *Lord Palmerston*, 1 vol. — *La Révolution italienne*, 1 vol., etc.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 13. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 25 FÉVRIER 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1 ) | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**La question des générations spontanées devant l'Académie des sciences.**

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Physique.** — Conférence de **M. Trecat** : Le feu.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : XIX. Des causes qui exaltent ou diminuent l'action réflexe.

COLLÈGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XIII, XIV et XV. Mécanisme de la mort par le curare.

AVIS. — Nous donnons aujourd'hui, sans augmentation de prix, un supplément de *huit colonnes.*

Paris, 24 février 1865.

### La question des générations spontanées devant l'Académie des sciences.

Lundi dernier, la séance de l'Académie avait déjà duré près d'une heure sans qu'il s'y fût passé rien de bien remarquable, et nous supposions déjà n'avoir à signaler à nos lecteurs que deux communications : la première, celle des travaux les plus récents de M. Tresca, sur l'écoulement de la glace, qui contiennent des résultats fort intéressants pour la théorie des glaciers; la seconde, un mémoire de M. Duhamel, sur la manière dont les différents philosophes depuis Platon jusqu'à Descartes, ont entendu la méthode scientifique et l'art de raisonner en matière de mathématiques, mémoire assez bien écrit du reste, mais qui nous eût paru beaucoup mieux placé à l'Académie des sciences morales.

Cependant une table toute chargée de matras remplis d'un liquide jaunâtre pouvait faire prévoir quelque chose comme la communication d'un travail de chimie organique, sur les fermentations par exemple. C'était des générations spontanées qu'il s'agissait. Depuis que les journaux et le public n'en parlaient plus, on aurait pu croire la question enterrée, c'est-à-dire rentrée à sa véritable place, dans le cercle assez restreint des savants qui s'en sont sérieusement occupés et qui continuent à s'en occuper encore.

La commission, composée comme on le sait, de MM. Dumas, Flourens, Brongniart, Milne Edwards et Balard, s'est décidée enfin à rompre le silence. M. Balard a présenté en son nom à l'Académie un rapport fort habilement rédigé, où il a rappelé les circonstances dans lesquelles avaient eu lieu la nomination de la commission et les travaux qu'elle avait exécutés. On se rappelle que le 16 novembre 1864, MM. Jolly et Musset proposèrent à l'Académie de nommer une commission qui ferait répéter en sa présence *les principales expériences invoquées de part et d'autre comme favorables ou contraires à la doctrine des générations spontanées.* M. Pasteur, présent à la séance, accepta cette proposition, et M. Pouchet y adhéra quinze jours plus tard. L'Académie nomma donc une commission pour faire répéter ces expériences favorables ou contraires aux générations spontanées ; mais elle avait surtout en vue, dit M. Balard, la célèbre expérience de M. Pasteur, généralement désignée sous le nom d'*expérience du Montanvert,* qui lui paraissait la principale pièce de débat. Quand le défenseur de la panspermie (M. Pasteur) et les hétérogénistes ou partisans de la génération spontanée (MM. Pouchet, Jolly et Musset) furent réunis à Paris au mois de juin dernier, la commission voulut donc commencer ses travaux par l'expérience du Montanvert ; mais les hétérogénistes lui opposèrent alors un pro-



Digitized by Google

gramme fort long, où cette expérience ne figurait qu'au dernier rang, et après divers pourparlers que nous ne pouvons exposer ici en détail (1), la commission n'ayant pas cru devoir accepter leur programme, ils refusèrent de suivre le cours des expériences qui continuèrent dès lors en leur absence. Après avoir rappelé que la mission de l'Académie n'a jamais consisté à prononcer entre deux doctrines opposées, mais à constater l'existence ou la non-existence de faits que certains savants affirment tandis que d'autres les nient, M. Balard a exposé la série des travaux exécutés par la commission, d'abord à Paris, dans les laboratoires du Muséum, puis à la campagne, dans la propriété particulière d'un des membres de la commission. Les travaux récents de M. Coste sur l'embryogénie des infusoires ciliés ayant appelé sur ce point d'une manière plus particulière l'attention du monde savant, et la saison froide ne se prêtant pas suivant les hétérogénistes à des expériences sur la génération spontanée, la commission a réservé tout ce qui concerne ces infusoires pour en faire l'été prochain l'objet de nouvelles recherches et d'un second rapport. M. Balard termine par ces mots qui forment la conclusion de son rapport : *En résumé, les expériences de M. Pasteur sont d'une parfaite exactitude.*

Le président, M. Decaisne, déclare qu'il va mettre aux voix les conclusions de ce rapport. M. Le Verrier se lève aussitôt pour faire observer qu'il n'a jamais vu l'Académie voter sur le travail d'un de ses membres; la déclaration de la commission lui paraît d'ailleurs suffire amplement. M. Decaisne lui répond qu'il était de son avis, mais que MM. Dumas et Milne Edwards ayant insisté pour que l'Académie fût appelée à se prononcer, il avait cru devoir se rendre à leur vœu. M. Milne Edwards prétend que s'il y a peu de précédents qui montrent l'Académie prononçant sur l'exactitude des expériences d'un de ses membres, c'est qu'il n'y a pas d'exemple d'académicien sollicitant cet examen de ses confrères: l'académicien qui le fait, rentre dans le droit commun et se démet de son privilége.

Comment l'Académie pourrait-elle voter une pareille conclusion! s'écrie M. Velpeau. Avons-nous été en mesure de suivre ces expériences pour savoir si elles sont exactes? La commission informe l'Académie du résultat de ses travaux, rien de mieux. Mais quant à prononcer que ses travaux sont exacts, nous ne pouvons le faire.

M. Dumas.— L'Académie nous a chargé de vérifier des expériences contredites appartenant à l'un de ses membres, qui a demandé lui-même leur vérification. Après avoir employé plusieurs mois à cet examen, la commission vient demander comme d'ordinaire à l'Académie la consécration de la confiance qu'elle lui a accordée, c'est-à-dire la confirmation des conclusions de son rapport. Or, l'Académie a coutume de s'en rapporter à ses commissaires et de voter leurs conclusions. Si l'on conteste nos expériences, dit M. Dumas, nous les recommencerons, mais si l'on pense qu'elles sont exactes, nous demandons leur confirmation par un vote.

M. Le Verrier déclare qu'il n'a rien voulu dire d'analogue aux paroles de M. Velpeau. Il entendait au contraire qu'on ne pouvait rien ajouter au travail de la commission. Mais de ce que les commissaires ont donné leurs conclusions, il ne s'ensuit pas que les autres académiciens soient obligés de les voter si cela est contraire à tous les usages antérieurs. M. Le Verrier déclare d'ailleurs partager entièrement l'avis de la commission, mais il pense qu'il y a là des raisons de convenance et d'ordre supérieur devant lesquelles il faut s'arrêter. J'ai fait partie de bien des commissions, dit M. Le Verrier, et je n'ai jamais vu juger le travail d'un collègue. Mais M. Pasteur y a consenti! Je ne crains pas de dire que c'est avec de pareilles raisons que l'on déraille: aujourd'hui on juge un membre qui le veut bien; demain on en jugera un autre qui ne le veut pas. D'ailleurs, un jugement dans lequel est intéressé un de nos confrères paraît toujours un peu suspect, et je ne voudrais pas voir l'Académie entrer dans cette voie dangereuse.

Dans une circonstance très-solennelle, répond M. Dumas, à l'époque où Gay-Lussac et Thenard publièrent leurs *Recherches physico-chimiques* l'Académie nomma une commission pour examiner leurs travaux, notamment en ce qu'ils avaient de contraire à ceux de Davy, et elle vota à cette occasion les conclusions du rapport qui lui fut présenté par Berthollet. Gay-Lussac et Thenard étaient tous les deux membres de l'Académie, et c'est un précédent qu'on peut invoquer ici.

On croirait véritablement, ajoute M. Boussingault, que M. Pasteur est venu demander de gaieté de cœur la répétition de ses expériences. Or, cela n'est pas. Il a été attaqué et s'est défendu comme il a pu; la commission a examiné ses procédés d'expérimentation et les a déclarés exacts; il faut donc voter sur ces conclusions. C'est ainsi qu'on a procédé autrefois, au dire de Poisson, dans une affaire de géométrie.

M. Flourens trouve qu'on vient de dire d'excellentes choses, mais qu'il ne s'agit pas de savoir s'il est dans les usages ou la convenance de l'Académie d'approuver ce qu'a fait une commission. Il n'a jamais vu ce que l'on voudrait faire en ce moment; il faudrait simplement se borner à dire que l'on approuve la conclusion de la commission, et cela n'engage en rien la responsabilité de l'Académie.

Il me semble, dit M. Combes, que le vote de l'Académie n'ajoute rien à la valeur du travail de la commission; comme l'a dit M. Le Verrier, des raisons d'un ordre supérieur s'opposent à ce qu'on fasse délibérer l'Académie tout entière sur de pareilles questions. Qu'on se contente d'inscrire au procès-verbal que les

(1) Toutes les péripéties de cette intéressante discussion sont racontées et commentées par M. Victor Meunier, dans son livre récent sur *La science et les savants en 1864*, avec une verve et un esprit qui n'excluent jamais l'exactitude des détails.

Digitized by Google

conclusions de la commission n'ont pas été contestées ; mais faire voter ces conclusions elles-mêmes serait inutile et dangereux.

M. Pouillet rappelle les circonstances dans lesquelles l'Académie a nommé la commission et l'embarras extrême dans lequel celle-ci s'est trouvée vis-à-vis des prétentions des hétérogénistes et de leurs incessants changements de résolution qui ont abouti en définitive au refus de répéter leurs expériences; il lui semble donc impossible qu'un rapport bien étudié n'obtienne pas la sanction de l'Académie, et M. Flourens a eu raison de demander simplement la mise aux voix des conclusions, sans rien y ajouter. C'est ce qui se passe tous les jours, confirme M. Flourens; on approuve les rapports comme rapports et non comme exprimant le fond des choses. M. Cloquet fait observer que si l'Académie nomme des commissions, c'est apparemment pour qu'elles lui soumettent des rapports. Seulement il peut arriver que certains membres, étrangers à une commission, aient examiné eux-mêmes les expériences contestées et puissent, par conséquent, proposer des modifications aux conclusions de la commission.

M. Decaisne répète et met aux voix par assis et levé les propositions de la commission. Un assez grand nombre de mains — qui ne nous paraissent cependant pas correspondre à une majorité absolue — se lèvent pour les conclusions, et quelques-unes à peine contre ces conclusions. M. Decaisne déclare les conclusions adoptées.

— Cela n'est pas régulier, s'écrie M. Le Verrier; vous avez passé sur la proposition de mon voisin (M. Combes); il n'y a pas majorité absolue pour adopter les conclusions, et il s'agit précisément de savoir si l'Académie doit les voter. — Il ne faut pas qu'il y ait de louche dans cette affaire, dit M. Milne Edwards ; je demande donc qu'on recommence le vote, et M. Le Verrier verra bien s'il y a majorité.

M. Decaisne relit les conclusions et les remet aux voix. Il se lève pour les conclusions un nombre de mains plus considérable qu'à la première épreuve, et elles nous paraissent cette fois constituer une véritable majorité. Quelques mains très-rares se lèvent contre les conclusions, et de même qu'à la première épreuve M. Le Verrier ne lève la main ni pour ni contre. — *Allons, M. Le Verrier*, lui dit M. Decaisne remarquant cette circonstance (ce qui signifiait évidemment : levez donc la main contre les conclusions). — Pourquoi et de quel droit cette question, monsieur le président? s'écrie avec force M. Le Verrier. Vous savez bien que je suis de l'avis de la commission, et que, par conséquent, je ne veux pas voter contre ses conclusions. Mais ce n'est pas de cela qu'il s'agit. Avant que les conclusions puissent être régulièrement acceptées ou rejetées, il faut d'abord que l'Académie prononce s'il lui convient de les voter et de se mettre ainsi dans la nécessité d'opter.

La protestation de M. Le Verrier se perd dans le tumulte, et le président prononce à trois reprises différentes que M. Chasles a la parole pour faire une présentation.

Voilà, avec la plus grande exactitude, tout ce qui s'est passé à l'Académie; mais il est très-possible qu'il y ait de nouvelles protestations dans la séance prochaine à l'occasion de la lecture du procès-verbal. Nous ferons d'ailleurs remarquer, en finissant, que plusieurs des physiologistes de l'Académie qui sont notoirement opposés aux générations spontanées se sont abstenus de voter dans cette circonstance.[1]

ÉMILE ALGLAVE.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### PHYSIQUE.

CONFÉRENCE DE M. L. TROOST.

Messieurs,

Nous venons tous d'être frappés de la manière la plus cruelle et la plus inattendue.

Hier matin, nous avons perdu le savant éminent, l'éloquent professeur qui nous charmait encore il y a quelques jours à la place que j'occupe aujourd'hui. M. Gratiolet a succombé à une attaque d'apoplexie. C'est une victime de la science et du travail prise par la mort au moment où le succès commençait, après une laborieuse carrière, à récompenser une vie de dévouement et de sacrifices. L'anatomiste profond à qui l'on doit les plus beaux travaux sur les organes de l'intelligence humaine et de l'instinct des animaux, le philosophe spiritualiste qui a mis en lumière, par l'observation et la comparaison de ces organes, leurs analogies les plus importantes et leurs différences les plus saillantes, le brillant professeur qui a su trouver dans sa probité scientifique le caractère le plus pur de la véritable éloquence, cet homme nous est enlevé au milieu de sa vie et de ses travaux. Après avoir jeté dans la consternation les nombreux amis que lui ont faits la bonté de son cœur et sa douce modestie, il me laisse le triste honneur de vous rappeler la reconnaissance que nous lui devons tous et que nous ne pouvons plus payer qu'à sa mémoire. Mais combien elle sera aimée et respectée dans la Sorbonne !

Pardonnez-moi si l'émotion que j'éprouve en vous apportant une si triste nouvelle me force de réclamer votre indulgence en faveur de celui qui va parler devant vous, après Gratiolet.

#### Le feu.

Messieurs,

Les premiers hommes ne connurent d'autre feu que celui du soleil. Ils n'avaient que sa chaleur pour se chauffer, que sa lumière pour s'éclairer. Plus tard, suivant la tradition, Prométhée déroba un rayon du soleil ; et le feu, transporté sur la terre, fut conservé par des

Digitized by Google

prêtres. A Rome, le soin d'entretenir le feu fut confié au collége des vestales. Depuis, on a trouvé mille moyens de le produire et de le multiplier. Aujourd'hui, par suite des progrès de la science, par suite des progrès de l'industrie, le feu se trouve partout. Grâce à lui, l'homme, maître des éléments, sillonne l'océan dans toutes les directions; grâce à lui, la pensée, rapide comme l'éclair, traverse l'espace en quelques secondes.

En présence de semblables résultats, ne vous paraîtra-t-il pas étrange qu'au milieu du XIXe siècle, en pleine Sorbonne, on vienne vous dire que vous ne connaissez, comme les premiers hommes, que le feu du soleil; qu'on vienne vous dire que la chaleur que vous produisez de tant de manières, que la lumière qui vous éclaire sous tant de formes, ne sont que de la chaleur et de la lumière empruntées au soleil? Telle est cependant, messieurs, la conclusion à laquelle est arrivée la science moderne; telle est la conviction que j'espère vous faire partager à la fin de cet entretien.

Qu'est-ce, messieurs, que le feu? L'analyse scientifique, confirmant l'opinion de tous, nous l'apprend : le feu, c'est la réunion de la chaleur et de la lumière dans un même phénomène. Toutes les fois en effet qu'on analyse le feu, on y trouve de la chaleur et de la lumière; et toutes les fois qu'on réunit dans un même phénomène la chaleur et la lumière, on a le feu.

La chaleur et la lumière peuvent bien exister seules ou presque seules, mais alors elles ne constituent pas le feu. Quelques exemples vont nous le faire comprendre.

Si j'approche la main d'un vase contenant de l'eau bouillante, je reconnais immédiatement qu'il y a de la chaleur dans cette eau; il y en a même une très-grande quantité, car pour élever 1 kilogramme d'eau de la température de la glace fondante à celle de l'ébullition, il a fallu lui fournir une quantité de chaleur égale à celle qui serait nécessaire pour fondre 1 kilogramme de platine à la température de 2000 degrés. Nous avons donc ici une énorme quantité de chaleur, et cependant personne ne sera tenté de confondre l'eau avec le feu.

De même que l'on peut avoir une chaleur intense sans lumière sensible, on peut avoir une lumière très-vive sans chaleur appréciable. La clarté de la lune nous en fournit un exemple : la chaleur en est si faible, qu'il faut les instruments les plus délicats de la physique pour en démontrer l'existence. Il en est de même de la phosphorescence de la mer, si souvent observée par les voyageurs. La phosphorescence de l'océan tout entier ne fournirait pas plus de chaleur que ces petits points lumineux, que les vers luisants nous font admirer dans la campagne au milieu de l'obscurité d'une nuit d'été.

Les aurores boréales sont encore dans ce cas. Elles éclairent les longs crépuscules des pôles, et leur lumière arrive jusque dans nos contrées; mais si cette lumière était accompagnée de chaleur, elle a dû laisser celle-ci loin derrière elle, car il est impossible d'en retrouver la moindre trace.

Nous pouvons, du reste, faire ici devant vous l'analyse du feu et vous montrer séparées la chaleur et la lumière qui, réunies, constituent le feu. Prenons le feu le plus brillant que nous puissions produire : le feu électrique. Il nous suffit, pour l'obtenir, de rapprocher les deux charbons qui forment les extrémités de la pile. Ce feu est tellement intense, qu'il se produit, comme vous le voyez, au milieu de l'eau tout aussi bien que dans l'air. Sa lumière est la plus éclatante que nous connaissions après celle du soleil. Elle est utilisée dans les phares, comme l'a si bien fait comprendre à cette même place, l'un de nos maîtres le plus justement admirés. Introduite dans un phare de premier ordre, cette lumière produit le même effet que trois mille becs de lampe Carcel.

Quant à sa chaleur, elle est suffisante pour fondre les corps les plus réfractaires. Si nous plaçons un morceau de cuivre sur l'un des charbons entre lesquels se produit le feu, nous allons le voir fondre, puis entrer en ébullition. Sa vapeur va colorer le feu en vert, et cette vapeur, en se condensant sur les parties froides du charbon supérieur, va former de petites gouttelettes brillantes, qui retomberont sur le globule en fusion. C'est ce que vous pouvez constater sur l'écran où le phénomène est projeté.

Séparons maintenant la chaleur et la lumière qui se trouvent réunies dans ce feu. Pour enlever la lumière, nous allons répéter devant vous une expérience faite pour la première fois, il y a quelques jours à peine, par M. Tyndall à Londres. Dans cette espèce de lanterne sourde, nous avons placé un feu électrique. La chaleur et la lumière peuvent sortir par l'ouverture que vous avez devant vous. Si maintenant nous plaçons devant cette ouverture une dissolution d'iode dans du sulfure de carbone, toute la lumière sera absorbée et le feu aura disparu. Mais la chaleur continuera à passer, et nous pourrons le constater en plaçant en avant, dans cet espace complétement obscur, un peu de coton-poudre; nous allons le voir s'enflammer au bout de quelques secondes.

Nous pouvons isoler la lumière tout aussi bien que nous avons isolé la chaleur; il nous suffira pour cela de faire passer l'électricité à travers des tubes à peu près vides de toute matière pondérable. L'électricité se répandra alors en longues bandes lumineuses, mais les tubes ne s'échaufferont pas. Cette lumière, dépouillée de chaleur, a reçu une application précieuse dans l'éclairage des mines; employée avec intelligence, elle rendra impossibles les terribles explosions que détermine la chaleur de la lampe des mineurs. Grâce à l'habileté consommée de M. Alvergniat, nous avons ici des tubes dont les dimensions permettront d'apercevoir le phénomène de toutes les parties de l'auditoire.

Mais revenons au feu proprement dit, c'est-à-dire à la chaleur et à la lumière réunies. Nous connaissons sa nature, cherchons comment nous pouvons nous le procurer.

Digitized by Google

Nous produisons le feu de deux manières : par des actions chimiques ou par des actions mécaniques. Souvent même nous réunissons les deux procédés. En effet, que faisons-nous pour enflammer une allumette ? Nous la frottons sur un corps dur. Ce frottement dégage une chaleur suffisante pour déterminer la combustion du phosphore, puis celle du soufre, qui, avec le phosphore, imprègne le bout de l'allumette. La chaleur, dégagée dans la combustion du phosphore et du soufre, suffit pour déterminer l'inflammation du bois. Nous avons donc ici une action mécanique, le frottement, et un phénomène chimique, la combustion. Mais les actions mécaniques seules, les phénomènes chimiques seuls, suffisent pour produire ou entretenir le feu : étudions-les séparément. Comme les phénomènes chimiques sont les plus importants, comme ce sont ceux que nous employons le plus fréquemment, c'est par eux que nous commencerons.

Qu'est-ce qu'une combustion? Que se passe-t-il quand brûle le bois de notre allumette? Une voix plus autorisée que la mienne vous l'expliquait ici même il y a quelques jours. Le bois contient deux corps essentiellement combustibles, le carbone et l'hydrogène. Quand le bois brûle, l'hydrogène de ce bois, se combinant avec l'oxygène de l'air, forme de la vapeur d'eau; le carbone du bois, se combinant de même avec l'oxygène de l'air, se transforme en un gaz incolore appelé l'acide carbonique : vapeur d'eau et acide carbonique se répandent dans l'air, et le bois est brûlé.

Qu'est-ce donc qu'une combustion? C'est la combinaison de l'oxygène avec le carbone, ou avec l'hydrogène, ou avec un corps analogue, comme le soufre ou le phosphore. Et l'expérience nous prouve que quand la combustion se fait avec rapidité, elle est toujours accompagnée de chaleur et de lumière; elle produit toujours du feu.

Ces combustions, qui se font avec une vive lumière dans l'air, sont beaucoup plus brillantes encore dans l'oxygène. Si nous plongeons un morceau de phosphore allumé dans l'oxygène pur, la chaleur et la lumière deviendront bien plus intenses, ainsi que vous en pouvez juger par l'expérience que je fais sous vos yeux.

Les actions chimiques, si puissantes pour produire le feu, ne sont pas les seules que nous puissions employer. Les actions mécaniques conduisent au même résultat.

Si l'on en croit la critique moderne, c'est par une action mécanique que le feu a été produit pour la première fois à la surface de la terre; c'est en frottant deux morceaux de bois l'un contre l'autre que Prométhée a réussi à les enflammer. C'est en effet du nom de *pramantha* qu'on désigne encore dans plusieurs langues de l'Orient l'instrument avec lequel les sauvages se procurent le feu. Le nom de pramanthé ou prométhée serait, d'après la même critique, le nom par lequel on désigne l'homme qui est chargé d'allumer le feu. Quel que soit le premier procédé employé pour faire le feu, vous savez qu'il a reçu dans la suite des siècles de nombreuses modifications. Le pramantha des sauvages est depuis longtemps abandonné, et le briquet de nos pères a eu le même sort. J'ai cependant besoin de vous remettre le briquet sous les yeux comme exemple d'une action mécanique produisant du feu. Les plus jeunes d'entre nous n'ont jamais connu le briquet, les plus anciens ont eu le temps de l'oublier. Battre le briquet aujourd'hui, ce sera presque faire une expérience nouvelle. Sur un caillou, une pierre à fusil, taillée en biseau, je place un morceau d'amadou, puis avec une lame d'acier recourbée, je frappe les bords de la pierre; il y a choc et en même temps frottement énergique. Des parcelles de fer sont arrachées à la lime; et, chauffées au rouge, elles jaillissent en vives étincelles. C'est par ces étincelles que, naguère encore, on se procurait le feu.

Nous pouvons donc produire du feu par le choc et le frottement réunis; mais le choc seul, le frottement seul, sont capables de produire du feu. C'est ainsi qu'au moment où un boulet de canon lancé par une de nos puissantes machines de guerre, est subitement arrêté par une cible suffisamment résistante, le blindage d'un navire cuirassé, par exemple; on voit jaillir un éclair, et le boulet devient incandescent. Sa température est de plus de 1000 degrés. La force qui animait le boulet n'a pas été anéantie : elle se manifestait tout à l'heure par un mouvement, elle se manifeste maintenant par de la chaleur. Il n'y a pas eu destruction, il y a eu simplement transformation de la force.

Voilà pour le choc; quant au frottement, nous savons tous que lorsque sur un chemin de fer, à l'approche d'une station, on serre les freins, il n'est pas rare de voir jaillir des étincelles des roues ainsi pressées.

Nous pouvons d'ailleurs reproduire ici un phénomène semblable. Mettons un frein d'acier sur cette meule mise en mouvement par un moteur dont je parlerai bientôt, nous ralentirons sa vitesse, mais en même temps que le mouvement se ralentit le frein s'échauffe; le mouvement détruit se transforme en chaleur et en lumière; de brillantes étincelles jaillissent de notre frein.

Bien que nous puissions ainsi produire du feu par des actions mécaniques, ce ne sera jamais avec du mouvement que l'on produira industriellement du feu. La question d'économie nous forcera toujours à faire l'inverse, c'est-à-dire à produire du mouvement par le feu. Savez-vous en effet quel travail mécanique il faudrait dépenser pour produire une quantité de chaleur égale à celle que dégage 1 kilogramme de charbon en brûlant? Ce travail est celui que l'on développerait en élevant un poids de 100 kilogrammes à une hauteur de 33 kilomètres. Je vous laisse à juger, d'après cela, de la quantité de travail mécanique que représente le charbon employé dans l'industrie.

On a calculé que le charbon extrait en un an des seules mines de l'Angleterre représente le travail que produi-

Digitized by Google

raient 108 millions de chevaux travaillant jour et nuit avec la même énergie pendant toute l'année.

Maintenant que nous savons produire le feu, étudions ses caractères physiques. Quand nous brûlons du bois ou du charbon de terre, du gaz de l'éclairage ou du pétrole, la chaleur et la lumière sont accompagnées d'une flamme plus ou moins éclairante. Cette flamme est-elle un caractère essentiel du feu? Il suffit d'avoir vu brûler du coke pour pouvoir répondre. Le coke brûle, il produit du feu, mais il brûle sans flamme. La flamme n'est donc pas essentielle au feu. A quoi tient cette différence entre la combustion du charbon de terre et celle du coke? Elle tient à ce que la flamme est la combustion d'un gaz ou d'une vapeur. Pour qu'un corps brûle avec flamme, il faut qu'il puisse ou se réduire en vapeur, ou produire des gaz en se décomposant sous l'influence de la chaleur. Les corps qui ne sont ni volatils, ni décomposables en produits volatils, peuvent bien brûler, mais ils brûleront sans flamme.

Si la houille brûle avec flamme, c'est que, sous l'influence de la chaleur, elle dégage des gaz combustibles comme le gaz de l'éclairage; c'est la combustion de ces gaz qui produit la flamme. Le coke est de la houille dépouillée de tous ses gaz; le coke devra donc brûler sans flamme. Nous pouvons constater par l'expérience l'influence de la volatilité des corps combustibles sur les caractères du feu. Prenons deux corps combustibles, deux métaux, dont l'un soit fixe et l'autre volatil : le fer et le magnésium, par exemple; et, pour que leur combustion soit plus facile, réduisons-les en limaille fine ou en lame mince, une allumette suffira alors pour les faire brûler. Voici du fer, c'est bien du fer, car il adhère à cet aimant; je l'approche d'une lumière. Aussitôt, vous le voyez, il brûle; mais il brûle sans flamme, exactement comme le coke. Si j'agite, il tombe en pluie de feu, mais pas trace de flamme. Si j'allume maintenant du magnésium, vous allez le voir brûler, mais il brûlera comme de la houille; sa vapeur produira une flamme très-éclatante qui fera pâlir le gaz de l'éclairage.

Si la flamme n'est pas un caractère essentiel du feu, elle l'accompagne si souvent, qu'elle mérite d'être étudiée elle-même avec quelques détails. Toutes les flammes ont-elles le même aspect? Ont-elles le même éclat, la même chaleur? Vous savez tous que l'éclat des diverses flammes n'est nullement en rapport avec leur élévation de température. Certaines flammes pâles sont beaucoup plus chaudes que d'autres flammes plus brillantes. A quoi tient donc leur éclat? Si nous interrogeons l'expérience, elle nous répond que l'éclat d'une flamme tient à la présence, au milieu d'elle, de parcelles solides excessivement fines et portées à l'incandescence par la chaleur de la flamme. Elle nous dit que si la flamme du magnésium est si éclatante, c'est qu'elle contient des flocons de magnésie chauffés au rouge blanc.

L'éclat de la flamme du gaz de l'éclairage tient à une cause semblable. Le gaz est composé de carbone et d'hydrogène; de ces deux corps combustibles, l'hydrogène brûle le premier, et sa chaleur porte au rouge les parcelles de charbon qui ne peuvent brûler qu'à l'extrémité de la flamme. Faisons arriver dans cette flamme assez d'air pour déterminer la combustion simultanée de l'hydrogène et du carbone, la flamme perd, vous le voyez, tout son éclat. La température en est-elle devenue moindre? Loin de là, cette flamme pâle est beaucoup plus chaude que la flamme brillante que nous avions tout à l'heure, et cela est tout simple, puisqu'il y a plus de combustible brûlé dans le même temps et dans le même espace.

La flamme de l'hydrogène nous fournit un remarquable exemple d'une lumière très-pâle accompagnée d'une chaleur intense. Cette flamme est à peine visible en plein jour, et cependant elle est bien plus chaude que celle du gaz. Je la rendrai plus chaude encore, si je remplace l'air, mélange d'oxygène et d'azote, par du gaz oxygène pur. L'éclat de la flamme est toujours très-faible, vous le voyez; mais sa chaleur est devenue suffisante pour fondre les métaux les plus réfractaires. Si je lui présente une lame de platine, le plus infusible de tous les métaux, la lame est percée en quelques instants. Si je dirige cette flamme sur du fer, je n'aurai plus besoin de le réduire en limaille, nous allons le voir fondre, puis brûler avec éclat.

Que faudrait-il pour donner à cette flamme si pâle un éclat éblouissant? Vous le devinez facilement; il faudrait y introduire un corps solide. Introduisons dans cette flamme un bâton de chaux vive, et cela nous sera facile à l'aide de l'ingénieux appareil imaginé par M. Debray. Aussitôt, vous le voyez, la flamme devient très-brillante, presque aussi brillante que la lumière électrique.

Nous venons de voir comment on peut faire varier l'éclat des flammes, voyons maintenant comment on pourra faire varier leur température. Les corps solides, dont la présence dans la flamme déterminait son éclat, absorbaient évidemment de la chaleur pour s'échauffer; en augmentant l'éclat, ils abaissaient donc la température. Le platine, par exemple, introduit dans cette flamme pâle, abaisse à 2000 degrés la température qui était d'abord supérieure à 6000 degrés. Mais il n'y a pas que les corps solides qui absorbent de la chaleur pour s'échauffer, les gaz incombustibles sont dans le même cas; introduits dans une flamme, ils ne lui communiquent pas d'éclat, c'est vrai, mais ils en abaissent la température.

On comprend dès lors pourquoi la flamme de l'hydrogène est moins chaude quand elle se reproduit dans l'air, mélange d'oxygène et d'azote, que lorsqu'elle est alimentée par de l'oxygène pur. L'absorption de chaleur par l'azote suffit pour refroidir la flamme. Au lieu de 6000 degrés, on n'a plus qu'environ 2500 degrés. Vous concevez, d'après cela, que si j'augmente encore la quantité de gaz inerte, de gaz azote par exemple, je pourrai diminuer de plus en plus la température de la

Digitized by Google

flamme; je pourrai même arriver à des mélanges incombustibles, ou à peine combustibles.

En cherchant jusqu'à quelle limite on peut appauvrir un mélange d'air et d'hydrogène en mouvement, sans qu'il cesse de s'enflammer, MM. Demondésir et Schlœsing ont observé un curieux phénomène, dont je veux vous rendre témoins, bien qu'il soit d'une exécution délicate. Dans cette grande cloche, où aboutissent deux fils entre lesquels je puis faire jaillir une série d'étincelles, on va insuffler de l'air, dans lequel arrivera ensuite peu à peu de l'hydrogène, jusqu'à ce que le mélange devienne inflammable. Au moment où ce résultat sera atteint, nous verrons la flamme se propager, non plus en nappe continue, mais sous forme de petits points lumineux d'apparence bizarre, des espèces d'insectes phosphorescents. Cet aspect ne sera d'ailleurs pas le même pour tout l'auditoire; les personnes les plus voisines verront nettement des espèces de mouches ou de papillons phosphorescents; les personnes les plus éloignées verront des rubans de feu.

Avec de l'hydrogène pur le phénomène eût été trop peu visible, nous avons coloré nos papillons en mêlant à l'air un peu de phosphure d'hydrogène.

Vous voyez ces papillons, ils voltigent, semblent se poursuivre, sans jamais s'atteindre. Ils ne s'atteindront jamais, et cela est fort heureux, car s'ils pouvaient se rejoindre, ils embraseraient toute la cloche, et produiraient une explosion, qui n'aurait d'ailleurs d'autre inconvénient que de mettre fin à l'expérience. Rien de plus curieux que ces phénomènes, rien aussi de plus inexplicable dans l'état actuel de la science.

Si au lieu d'arriver à la limite d'inflammabilité, nous prenons simplement des mélanges très-pauvres en gaz combustibles, nous observerons encore de curieux phénomènes : la flamme formera une nappe continue comme dans les mélanges riches, mais la combustion, au lieu de s'y propager rapidement, ne s'y propagera qu'avec une extrême lenteur.

Comparons la combustion d'un mélange très-inflammable avec celle d'un mélange qui en diffère par la présence d'une grande quantité de gaz inerte. Voici quelques bulles de savon gonflées par le premier mélange. Si je présente une allumette, nous allons avoir une inflammation immédiate de toutes les bulles, dilatation brusque, l'air sera repoussé avec une violence telle qu'il y aura détonation.

Si nous ajoutons à ce mélange une grande quantité de gaz inerte, la combustion va présenter un tout autre caractère. Dans les tubes de verre que vous voyez ici sur le milieu du tableau, et qui communiquent entre eux par des coudes de cuivre, nous avons fait passer un mélange contenant beaucoup de gaz inerte; si nous l'enflammons, nous allons voir une petite flamme bleue se propager d'abord lentement en montant, puis plus lentement en descendant. Ici propagation lente, dilatation lente, et par suite pas de détonation. Nous pouvons répéter cette expérience, de manière à mettre en évidence la dilatation des gaz sous l'influence de la chaleur. Nous avons introduit le même mélange dans cette grande cloche. Si nous l'enflammons à la partie supérieure, vous allez voir une nappe de feu descendre et repousser l'eau jusqu'au bas de la cloche. Le mélange qui brûle ainsi lentement est cependant un mélange explosif. S'il ne détone pas, c'est que la combustion s'y propage lentement, grâce à ce que le gaz est en repos. Il suffira, pour le faire brûler avec rapidité, pour déterminer une dilatation brusque avec explosion, de produire dans son intérieur un mouvement rapide.

C'est ce que nous pouvons vérifier par l'expérience. Voici deux ballons qui communiquent par une étroite ouverture, ils contiennent un mélange identique à celui que nous avions tout à l'heure dans nos tubes. Si nous enflammons ce mélange par en haut, nous verrons la flamme descendre lentement, comme dans les tubes ou dans la cloche, un simple sifflement produit par la sortie des gaz à travers l'ouverture du bouchon nous avertira de la dilatation. Mais si dans ce second appareil identique avec le premier, et rempli de même mélange, nous déterminons l'inflammation un peu au-dessous du tube de communication des deux ballons, la dilatation du gaz dans le ballon inférieur va projeter un jet de flamme dans le ballon supérieur; alors, grâce au mouvement brusque produit, il y aura inflammation instantanée, un globe de feu apparaîtra soudain, une vive détonation se fera entendre et le bouchon, quoique percé d'une large ouverture, sera projeté au plafond.

Cette influence de l'agitation sur la rapidité de la combustion de mélanges très-pauvres en gaz combustibles, et par suite faciles à obtenir économiquement, a une grande importance au point de vue industriel. Nous pouvons utiliser la force de projection de ces mélanges pour produire dans un cylindre de fonte le mouvement d'un piston, exactement comme on le produit par la force élastique de la vapeur dans les machines à vapeur ordinaires.

Les mélanges riches ont toujours une force explosive suffisante, mais ils coûtent cher à produire, et comme en matière d'industrie, quand on veut lutter, il faut avant tout lutter d'économie, il est évident que pour rivaliser avec la machine à vapeur on devra s'adresser aux mélanges pauvres.

En faisant détoner un mélange d'air et de gaz de l'éclairage, successivement en avant et en arrière du piston contenu dans le cylindre de la machine Lenoir que nous avons là sous les yeux, nous le pousserons alternativement dans un sens et dans l'autre; or, c'est précisément là ce que fait la vapeur dans la machine à vapeur ordinaire. Au lieu d'une machine à vapeur, nous aurons une machine à gaz.

Voilà un moteur qui fonctionne sans fumée, sans bruit; c'est un moteur qui ne présente aucun danger, et qui peut s'installer partout : dans la rue, pour élever les pierres d'une maison en construction; dans la maison

Digitized by Google

une fois construite, pour élever l'eau à tous les étages; dans la mansarde de l'ouvrier, enfin, pour prêter à son intelligence le secours d'une force jusqu'ici inconnue, et d'une docilité à toute épreuve, car il suffit de fermer le robinet qui amène le gaz pour que le mouvement cesse; il suffit de le rouvrir pour que la machine se remette en marche.

Ne pouvant dans un aussi court entretien parler de toutes les applications du feu avec les développements qu'elles méritent, le plus simple eût été peut-être de ne parler d'aucune, mais je n'ai pu résister au désir de faire une exception en faveur de cette application récente. Modeste encore dans ses allures, modeste dans ses prétentions, comme il convient à une nouvelle venue, la machine Lenoir n'aspire à remplacer la machine à vapeur que pour petites forces, inférieures à trois chevaux, par exemple; mais bientôt peut-être, grâce à l'emploi d'autres gaz plus économiques que le gaz de l'éclairage, viendront d'autres machines, qui plus ambitieuses voudront lutter avec la machine à vapeur, même pour les travaux qui exigent le plus de puissance.

La machine à gaz nous fournit un exemple de transformation de la chaleur en mouvement. Tout à l'heure, vous vous le rappelez, nous avons vu le mouvement d'une meule engendrer de la chaleur en se détruisant. Comment ce mouvement lui-même avait-il été produit? Nous le savons maintenant, il avait été engendré par le feu de notre mélange détonant. Nous voyons donc que la chaleur, en se détruisant, engendre le mouvement, comme le mouvement, en se détruisant, engendre la chaleur.

Si l'on pouvait recueillir toute la chaleur développée quand on ralentit le mouvement de la meule, nous trouverions qu'elle est précisément égale à celle qu'il faudrait fournir au piston pour restituer à la meule le mouvement que nous lui avons emprunté. Nous sommes ainsi conduits à cette conclusion remarquable, sur laquelle la science n'est fixée que depuis quelques années: c'est que chaleur et mouvement ne sont que les manifestations diverses d'une même force, et que l'on peut calculer la quantité de mouvement que peut produire une quantité de chaleur donnée, et réciproquement.

Lorsque le mouvement du boulet, dont nous parlions il y a un instant, est arrêté par une cible résistante, la force qui l'animait n'est pas anéantie, elle se manifeste sous forme de chaleur, et si l'on pouvait recueillir toute cette chaleur, on trouverait qu'elle est égale à celle que la combustion de la poudre a dû abandonner pour produire le mouvement du boulet.

Nous connaissons maintenant la nature du feu et ses caractères physiques; nous savons comment on peut le produire et le conserver, cherchons quelle est l'origine des matières qui servent à l'entretenir. Nous venons de produire le feu par des actions mécaniques et par des procédés chimiques; nous l'avons produit par le choc et par le frottement, nous l'avons produit par l'électricité, par la combustion du charbon ou de l'hydrogène par le fer et par le magnésium. Ces différents moyens ont-ils des origines différentes? Y a-t-il un très-grand nombre de sources du feu? Il est facile de voir que ces sources si diverses en apparence se ramènent en réalité à une seule, le *charbon*. En effet, pour faire de l'hydrogène, comme pour avoir de l'électricité, il faut employer du zinc, et le zinc ne s'obtient qu'en décomposant son minerai par le charbon. C'est encore avec du charbon que l'on prépare le fer, le magnésium et les divers autres combustibles. Si le charbon nous fournit toute la chaleur de nos combustions, il est facile de voir que c'est également lui qui nous fournit toute la chaleur dégagée par les actions mécaniques, quel que soit le moteur employé, que ce soit une machine ou un être animé.

Que la machine à vapeur continue à régner sans rivale, qu'elle soit remplacée par la machine à gaz ou par tout autre mécanisme, ce sera toujours en définitive le charbon qui y déterminera le mouvement.

Les êtres animés eux-mêmes ne peuvent vivre, se mouvoir et dépenser de la force, qu'à la condition de brûler du charbon, et on a pu constater qu'un homme brûle en moyenne dans l'acte de la respiration la valeur de douze grammes de charbon par heure, ce qui fait plus de 100 kil. de charbon par année. La quantité de charbon brûlée dans l'acte de la respiration est d'ailleurs liée au mouvement produit. Et, en effet, vous le savez, l'homme quand il travaille a besoin de plus d'aliments que lorsqu'il se repose. La combustion du charbon est donc pour nous la source unique du mouvement, ainsi que de la chaleur et de la lumière, c'est-à-dire du feu.

Mais si le charbon est la source de tout mouvement, de tout feu sur la terre; ne devons-nous pas craindre de voir nous manquer un jour ce principe de toute force, de toute existence? Ne devons-nous pas craindre de voir disparaître ces immenses dépôts de houille qu'on attaque de jour en jour sur une plus vaste échelle, et que nos combustions transforment incessamment en acide carbonique.

Le carbone, il est vrai, n'est pas détruit dans cette transformation, il existe dans l'acide carbonique, nous pourrions même l'en retirer; mais pour cela, il faudrait fournir à cet acide carbonique une quantité de chaleur précisément égale à celle qu'a dégagé son carbone en brûlant. Or, cette quantité de chaleur nous ne pouvons l'obtenir que par la combustion d'une quantité de charbon précisément égale à celle que nous voulons mettre en liberté; le problème ne serait donc pas résolu.

Il semble d'après cela, que tout charbon une fois brûlé est perdu pour nous sans ressource, et que par suite on puisse prévoir une époque où l'existence de l'homme et des animaux deviendrait impossible. Heureusement, et c'est là une des plus admirables harmonies que nous présente la nature, le règne végétal se charge de nous restituer ce carbone transformé en acide carbonique par l'homme et par les animaux. Les parties vertes des végé-

Digitized by Google

taux décomposent l'acide carbonique; s'assimilent le carbone et remettent l'oxygène en liberté. C'est grâce à ce merveilleux travail que l'atmosphère qui nous entoure conserve une composition constante. C'est grâce à lui que le charbon s'accumule de nouveau à la surface de la terre, et que dans nos marais se préparent les matériaux de nouvelles houillères pour les siècles futurs.

Mais où les végétaux puisent-ils la chaleur nécessaire à cette décomposition de l'acide carbonique? où prennent-ils la chaleur et la lumière que le carbone avait dégagées en brûlant, et qu'il faut maintenant restituer à l'acide carbonique pour lui enlever son carbone? Vous l'avez tous compris : c'est au soleil que les végétaux empruntent et la chaleur et la lumière nécessaires pour décomposer l'acide carbonique et pour transformer son carbone en fibres ligneuses. C'est grâce au soleil, c'est grâce à sa chaleur et à sa lumière, que grandissent les arbres, que verdissent les prairies et que le fleurs s'épanouissent. Quand les rayons solaires tombent sur le sable, ils sont renvoyés dans toutes les directions, le sable n'absorbe presque rien. Il n'en est pas de même quand les rayons solaires tombent sur une forêt; là, toute la chaleur et la lumière sont absorbées et emmagasinées pour ainsi dire sous forme de carbone.

Si c'est au soleil que les végétaux doivent leur existence, c'est aussi grâce à lui que les animaux se développent, car c'est au règne végétal que tous les animaux, même les plus carnassiers, empruntent leurs aliments, soit directement, soit par l'intermédiaire des animaux herbivores qui servent à leur nourriture. C'est ainsi que le loup mange de l'herbe quand il dévore un mouton, c'est ainsi que le lion mange de l'herbe quand il dîne d'un bœuf. La lumière du soleil est indispensable à tous les animaux, même à ceux qui la fuient, même aux animaux aveugles. La taupe en sa demeure souterraine dévore force insectes, ceux-ci en dévorent d'autres, mais ces derniers ne vivent qu'aux dépens des racines, c'est-à-dire aux dépens des plantes que la lumière seule développe.

Sans soleil, pas de mouvement, pas de vie à la surface de la terre. Tout charbon qui brûle, tout mouvement produit, toute existence entretenue, dépense de la chaleur et de la lumière qui ont primitivement appartenu au soleil. C'est donc avec raison que la tradition nous dit que Prométhée a dérobé un rayon du soleil, car en déterminant la combustion du bois, Prométhée n'a fait que mettre en liberté juste la quantité de chaleur que le soleil avait dû fournir pour produire ce bois.

Ainsi, je le répète en terminant, toute la force, tout le mouvement dépensé, toute la puissance en réserve dans nos houillères, toute celle qui se reproduit constamment par le règne végétal, tout cela est engendré par le feu du soleil. C'est une puissance unique que nous retrouvons toujours la même dans l'infinie variété de ses manifestations.

Toute la vie, dans le passé, dans le présent et dans l'avenir, tout vient du soleil. Ainsi s'explique messieurs, cette parole du poëte, qui dans son enthousiasme pour la création, oubliant un moment le Créateur, a pu s'écrier: « Nous sommes les enfants du soleil! »

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

COURS DE M. VULPIAN (1).

### XIX.

**Des causes qui exaltent ou diminuent l'action réflexe.**

Dans nos précédentes leçons, nous avons tracé en grande partie l'étude des phénomènes réflexes qui se manifestent par l'intermédiaire de la moelle épinière. Nous nous sommes attachés surtout dans la dernière leçon aux caractères d'adaptation que présentent certains de ces phénomènes, caractères si remarquables que quelques auteurs ont été entraînés à doter la moelle épinière d'un pouvoir perceptif et de déterminations intentionnelles, ne différant que par le degré des facultés cérébrales proprement dites.

Je vous l'ai déjà dit, la complexité des phénomènes réflexes et leur appropriation à des buts manifestes deviennent de plus en plus prononcées au fur et à mesure que l'on se rapproche du cerveau, et nous allons bientôt nous en convaincre. Mais, auparavant, il nous faut encore dire quelques mots sur la physiologie des actions réflexes.

L'excitabilité de la moelle peut subir deux modifications également importantes à connaître; elle peut s'exalter, elle peut s'affaiblir, et les actions réflexes qui sont sous la dépendance de cet organe peuvent ainsi devenir plus vives, plus étendues, plus faciles, ou au contraire elles peuvent être plus lentes, plus limitées, plus difficiles. Certaines conditions, telles que par exemple le rang zoologique, l'âge, la saison, ont une influence plus ou moins marquée sur l'excitabilité de la moelle épinière; mais le temps ne nous permet pas de nous y arrêter, et nous allons nous occuper surtout des circonstances dont l'expérimentation nous permettra facilement d'apprécier les effets.

#### I.

*Causes d'exaltation.* — Les lésions qui séparent de l'encéphale la moelle tout entière ou une partie de cet organe ont pour résultat constant d'accroître, d'une façon bien remarquable, l'excitabilité de la substance grise et de toute la moelle épinière ou de la portion séparée des parties antérieures de l'axe cérébro-spinal. Les mouvements réflexes sont alors plus manifestes et plus

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et les nos 7 et 8 de la seconde.



Digitized by Google

étendus dans les régions du corps qui reçoivent leurs nerfs de cette partie de la moelle épinière. On observe bien nettement ce résultat chez les animaux à sang froid, mais il ne faudrait pas croire qu'il n'en est pas de même chez les mammifères. Il en est ainsi dans les membres postérieurs, lorsque la section transversale de la moelle est faite à la région dorsale. Il en est encore ainsi dans tout le corps, si la section est faite près du bulbe rachidien, lorsqu'on entretient la vie par la respiration artificielle. On a cru et l'on a dit que la respiration artificielle augmente l'excitabilité réflexe de la moelle épinière chez les mammifères, mais il y a là une confusion manifeste : ce n'est pas l'insufflation pulmonaire qui est la cause de cette augmentation; elle ne fait que prolonger la vie et permet, par conséquent, le développement de cet état particulier de la moelle dû à sa séparation de l'encéphale, état en vertu duquel les actions réflexes s'exagèrent.

Pourquoi la fonction réflexe, l'excito-motricité de la moelle s'exagère-t-elle dans ces conditions? Pourquoi les actions réflexes ne se montrent-elles pas aussi manifestement lorsque la continuité de l'axe cérébro-spinal est complète? Certains auteurs ont admis qu'il y a dans la moelle séparée de l'encéphale une sorte d'accumulation du pouvoir réflexe. Je laisse à ceux qui ont émis cette hypothèse un semblable langage que je ne puis employer, ne sachant ce qu'ils veulent dire par là. Qu'est-ce, en effet, que ce pouvoir réflexe, et comment peut-il s'accumuler? Il n'y a pas à chercher une explication satisfaisante dans une hypothèse qui manque elle-même de base. On a voulu comparer la moelle épinière à une pile qui produirait de l'électricité incessamment soutirée, et qui se chargerait de plus en plus si les voies d'écoulement venaient à être interrompues. Si cette comparaison a pu séduire un instant les physiologistes à l'esprit desquels elle s'est présentée, c'est qu'ils n'ont pas envisagé la physiologie de la moelle dans la série des animaux. Chez les batraciens, lorsque la moelle est coupée à sa partie antérieure, l'excitabilité du tronçon postérieur s'exalte d'une façon considérable, et cependant il est facile de voir que ce tronçon agit encore, et presque comme dans l'état ordinaire, sur les membres postérieurs pour les maintenir ou les ramener dans leur attitude normale.

C'est donc dans une autre direction qu'il faut chercher l'explication de l'augmentation des actions réflexes de la moelle lorsqu'elle est séparée de l'encéphale, et nous devons avouer que jusqu'ici on n'est pas encore arrivé à une solution définitive de ce problème physiologique.

L'exagération de l'excitabilité de la moelle provient-elle de ce que la moelle vient d'être soustraite à l'action modératrice du cerveau? Cette manière de voir trouverait un appui dans les recherches récentes de M. Setchenow, si les expériences qu'il invoque ne pouvaient être interprétées autrement qu'il ne le fait. Cette exagération tient-elle à ce que, dans l'état normal, la transmission des impressions se fait plus facilement vers le cerveau, tandis que si la communication est interrompue, elle se réfléchit sur les nerfs moteurs voisins? Ou bien doit-on voir là un effet analogue à celui des lésions limitées? Nous l'avons dit : nous n'avons pas les données nécessaires pour prendre un parti décisif entre ces diverses hypothèses. Toujours est-il qu'il y a dans ce cas une modification de la substance grise et par suite exaltation des propriétés de ses éléments, ce qui explique, en partie au moins, l'intensité plus grande des actions réflexes.

Toutes les lésions partielles de la moelle produisent des effets de ce genre, comme le prouvent surtout les expériences de M. Brown-Séquard. On se rappelle que nous avons vu les propriétés de la moelle s'exalter sous l'influence des simples piqûres ou de la section des faisceaux postérieurs, et cette exaltation peut prendre un caractère bien digne d'attention, car elle peut donner lieu à une affection épileptiforme. Il se produit alors une excitabilité exagérée de tout le système bulbo-spinal, et, comme l'a montré M. Brown-Séquard, chez des animaux dont la moelle a été lésée deux au trois semaines auparavant, on peut provoquer des attaques d'épilepsie en pinçant certains points de la face. Cette épilepsie peut persister toujours et devenir même héréditaire.

Ainsi nous venons de voir deux causes qui exaltent les fonctions réflexes de la moelle épinière, à savoir la section transversale de la moelle et les lésions de cet organe, et je vous ai dit que ces deux ordres de causes sont peut-être semblables au fond et devraient alors être réunis en un seul et même groupe. Voyons maintenant les autres circonstances qui influent dans le même sens sur l'excitabilité de la substance grise de la moelle.

Il peut se produire une modification de la moelle et une exagération de son excitabilité sans lésion directe de cet organe, comme le montre, par exemple, le tétanos qui survient dans quelques cas, à la suite de plaies. L'excitation des nerfs sensitifs intéressés dans la plaie va agir sur la substance grise de la moelle en y déterminant une irritabilité exagérée et par suite une stimulation réflexe, soit permanente, soit par accès, de certains nerfs moteurs, d'où les spasmes toniques et cloniques qui caractérisent cette affection.

L'augmentation de l'excitabilité de la moelle peut être aussi causée par des agents toxiques, comme on le voit dans l'empoisonnement par la strychnine, la noix vomique et quelques autres substances, parmi lesquelles je citerai les matières putrides qui déterminent une exagération de l'excitabilité de la moelle chez les grenouilles. Mais je ne veux parler ici que de la strychnine qui est le type des substances agissant ainsi sur la moelle épinière. Voici deux animaux, une grenouille et un cochon d'Inde, sous la peau desquels on a introduit

Digitized by Google

de la strychnine. Vous pouvez juger des résultats de cet empoisonnement : le contact le plus léger suffit pour provoquer des convulsions. Remarquez que chez ces animaux les convulsions affectent une forme qui leur est imposée par la prédominance de certains groupes de muscles sur d'autres. Ainsi, chez les grenouilles, s'il y a, sous l'influence de la strychnine, extension spasmodique des membres postérieurs, cela tient uniquement à ce que les muscles extenseurs l'emportent beaucoup en force sur les muscles fléchisseurs. Que l'on coupe en travers, avant d'empoisonner ces animaux, tous les muscles extenseurs d'un des membres postérieurs, et l'on verra, lorsque éclateront les convulsions du strychnisme, les divers segments de ce membre se fléchir convulsivement les uns sur les autres, tandis que l'autre membre postérieur offrira l'extension spasmodique ordinaire.

Voici des grenouilles et des tritons et un cochon d'Inde que je viens de soumettre à l'intoxication par la strychnine. Je touche un point de la surface de leur corps, et vous voyez que les réactions réflexes sont très-vives et très-étendues, dès que la moelle a été modifiée par le poison.

On a discuté sur le mode d'action de la strychnine, sur les parties qui seraient primitivement affectées par ce poison. Sans vous rappeler toutes les phases de cette discussion soutenue par Magendie, Van Deen, Marshall-Hall, MM. Cl. Bernard, Brown-Séquard et plusieurs autres, nous admettrons avec Magendie que la strychnine agit sur la substance grise de la moelle épinière, et non sur les racines postérieures des nerfs spinaux, comme l'avait prétendu autrefois Stannius, ou sur les extrémités périphériques des nerfs sensitifs, comme on l'a admis depuis. S'il en était ainsi que le pensent les partisans de ces dernières opinions, on aurait pu ranger un certain nombre de substances toxiques en trois classes, dont l'une aurait compris les poisons qui agiraient sur les nerfs sensitifs (la strychnine et les autres poisons convulsivants); dans la seconde, on aurait réuni les poisons auxquels on suppose une action élective sur les nerfs moteurs (le *curare*, par exemple), et enfin l'on aurait rangé dans la troisième classe les substances dont l'action se porterait directement sur les muscles (le sulfocyanure de potassium et d'autres substances métalliques ou organiques). Or, cette classification ne saurait être admise. — La strychnine n'agit pas plus sur les nerfs sensitifs que que sur les nerfs moteurs. L'excitabilité de la substance grise de la moelle est exaltée par cette substance, et alors la moindre irritation d'un nerf sensitif détermine des réactions sensitives ou réflexes exagérées comme étendue et comme intensité. Qu'une seule racine postérieure soit laissée intacte chez une grenouille, et si toutes les racines antérieures des nerfs spinaux ont été respectées, l'irritation du nerf qui correspond à cette racine suffira pour ébranler la substance grise de toute la longueur de la moelle et pour donner lieu à des mouvements réflexes de la totalité du corps. Si l'on empêche la strychnine d'atteindre la moelle, aucun effet ne se manifestera, quelque étendue que soit la partie du corps qui aura été soumise à l'action de ce poison. La strychnine n'agit donc pas d'une façon élective sur les nerfs sensitifs, et il en est de même des autres poisons convulsivants.

Quant au curare, je vous ai déjà exposé toutes les raisons qui doivent vous empêcher de le considérer comme agissant exclusivement sur les nerfs moteurs. Je n'en dirai ici qu'un mot. Il empêche, avons-nous vu, l'excitation des fibres motrices de se communiquer aux fibres musculaires, mais il ne détruit en rien la propriété physiologique des fibres nerveuses motrices. Tout démontre, au contraire, que cette propriété ne subit aucune modification. Je vous rappelle ce que je vous ai dit dans une leçon précédente : la propriété physiologique, c'est-à-dire la *neurilité* des fibres sensitives et celle des fibres motrices est la même, et par suite il est à peu près certain qu'aucune substance, qu'aucun agent ne peut abolir cette neurilité dans une catégorie de fibres (les fibres motrices, par exemple) et la laisser intacte dans une autre catégorie.

Il n'y a en réalité que les poisons dits musculaires, c'est-à-dire ceux qui agissent directement sur les muscles, qu'il faille admettre comme une classe à part, et encore faut-il faire des réserves pour certains d'entre eux. Je ne sais pas s'il existe un seul sel métallique qui mérite d'être appelé poison musculaire, qui agisse par conséquent sur les muscles d'une façon spéciale par l'intermédiaire de la circulation. Tous les sels qu'on a considérés comme poisons musculaires n'ont guère été essayés que sur des batraciens. Or, il est facile de s'assurer que chez ces animaux l'effet observé est dû à une pénétration directe, à une imbibition de proche en proche des muscles, depuis le point d'introduction du sel métallique jusqu'à une distance plus ou moins grande de ce point. C'est là ce qui arrive pour le sulfocyanure de potassium, les sels solubles de mercure, etc. Les muscles sont altérés chimiquement d'une façon directe et non par l'intermédiaire de la circulation, et si les nerfs conservent leur excitabilité, alors que les muscles ont perdu la leur, cela tient uniquement à ce que les fibres nerveuses, comme nous l'avons vu, opposent aux agents chimiques une résistance plus grande que les fibres musculaires. Ce sont certaines substances organiques qui seules peuvent, à juste titre, être regardées comme des poisons musculaires, car elles agissent évidemment sur le cœur, d'abord, et sur les autres muscles en détruisant leur contractilité, et cela par l'intermédiaire de la circulation. Nous citerons, comme exemples, la digitaline, l'*upas antiar*, certains venins comme celui du crapaud, etc.

Puisque la question dont nous traitons aujourd'hui m'a amené à vous parler de l'action de la strychnine, je ne veux pas quitter ce sujet sans vous dire encore quelques mots sur cette action. Les phénomènes produits

Digitized by Google

par la strychnine diffèrent beaucoup de ceux que détermine le curare, et cependant, dans certaines conditions, l'empoisonnement par la strychnine peut offrir chez la grenouille la plus grande analogie avec l'empoisonnement par le curare. En effet, si l'on introduit sous la peau d'une grenouille une assez forte quantité de strychnine, la mort, surtout en été, peut survenir après une période très-courte de faibles convulsions, période qui sera même quelquefois presque nulle. Ce qui rend l'analogie plus frappante, c'est que chez cette grenouille, une fois que les mouvements auront cessé, on trouvera les nerfs moteurs dans le même état que si l'on avait employé le curare. Ces ressemblances ont été surtout mises en lumière par MM. Martin Magron et Buisson. De plus, ici encore comme pour le curare et d'autres poisons, nous ne produisons pas une mort véritable; il y a simple léthargie. On constate que le cœur continue à battre chez les grenouilles ainsi empoisonnées, et il est facile d'entretenir les mouvements de cet organe chez les mammifères au moyen de la respiration artificielle. En continuant pendant un temps suffisant l'insufflation pulmonaire, on arrive à ramener toutes les manifestations vitales chez un mammifère lorsque la quantité de poison absorbée n'est pas trop considérable. Quant aux grenouilles, il ne faut que les laisser dans un endroit frais : la respiration cutanée suffit pour l'hématose. L'élimination du poison se fait peu à peu, les modifications de la moelle épinière disparaissent progressivement; il se fait une sorte de réparation par le repos et la nutrition; la léthargie se dissipe plus rapidement encore que par le curare, et alors on observe les mêmes phénomènes qui avaient précédé cette mort apparente. Pendant une période qui varie de quelques heures à deux ou trois jours, on voit survenir des convulsions qui cessent bientôt pour faire place à l'état normal.

En nous appuyant sur ces notions, nous devons repousser l'explication de M. Jacubowitsch, qui attribuait la mort par la strychnine et d'autres poisons violents à des ruptures de cellules dans la moelle. Puisque la vie n'est que suspendue dans ces cas, et puisqu'elle peut se rétablir dans toute sa plénitude, on ne peut pas admettre qu'il se produise dans la moelle une altération profonde de quelque nature qu'elle soit, et surtout une lésion aussi peu réparable que celle qui est admise par M. Jacubowitsch. D'ailleurs, l'observation directe m'a permis de démontrer qu'il n'y avait pas d'altération de ce genre.

J'ai essayé l'action de la strychnine chez les invertébrés. Chez le ver de terre, on observe des effets toxiques sous l'influence de ce poison introduit sous la peau : mais ces effets paraissent souvent n'être que purement locaux, ou du moins il n'y a que les zoonites les plus rapprochées du lieu de l'introduction qui soient empoisonnées. La strychnine ne paraît pas toxique ou du moins semble l'être très-peu chez l'écrevisse. Enfin, j'ai introduit soit dans les tissus soit dans la cavité pulmonaire d'escargots une grande quantité, jusqu'à deux décigrammes de strychnine, sans qu'il y ait eu le moindre effet toxique.

## II.

Passons aux causes de diminution de la fonction réflexe de la moelle épinière. Cette diminution peut être produite par une excitation très-violente ou d'une durée assez longue de la moelle. Les convulsions produites par la strychnine peuvent amener ce résultat, mais il peut être produit par d'autres causes. On l'obtient très-facilement en soumettant un animal à une faradisation généralisée et violente. Nous soumettons cette grenouille à l'action incessante de cette pile, dont un électrode est placé dans la cavité buccale, tandis que l'autre est en contact avec une partie voisine de l'anus, ou est même enfoncé dans l'anus. Voici quelques minutes d'écoulées depuis qu'elle a commencé d'être exposée au courant intermittent, et vous voyez que nous ne pouvons plus provoquer sur elle des actions réflexes, l'excitabilité de la moelle a disparu. Un détail intéressant de cette expérience, c'est que l'excitabilité ne tarde pas à reparaître et que pendant quelques instants elle s'exagère puis redevient normale. L'excitabilité de la moelle va de même être abolie momentanément chez cette grenouille, dont je frappe vivement la tête à la région crânienne. Elle va nous présenter une période d'excitation analogue jusqu'à un certain point à celle que nous avons observée chez la grenouille que j'ai empoisonnée par la strychnine; mais au bout d'un instant très-court la commotion des centres nerveux aura produit le même effet que l'électrisation générale. Il y aura résolution complète des membres, et l'on ne pourra plus provoquer de mouvements réflexes.

Il se fait dans ces cas une modification très-légère de la moelle, modification qu'on ne peut même pas apercevoir au microscope, et qui se répare aussi par le repos et la nutrition, car les effets de la commotion ne tardent pas à se dissiper et l'animal revient à son état normal. L'éther et le chloroforme peuvent abolir temporairement aussi chez les batraciens l'excitabilité du système nerveux central.

Dans cette revue rapide des causes de modification de l'excitabilité de la moelle épinière, nous ne devons pas omettre de mentionner l'influence des troubles de la circulation dans cet organe. Lorsque la moelle épinière ne reçoit qu'une quantité insuffisante de sang, il peut se produire soit une exagération soit un affaiblissement de l'excitabilité. La simple diminution de l'afflux sanguin normal semble être plutôt une cause d'exaltation de cette excitabilité qu'une cause de dépression. La tendance aux convulsions qu'on observe chez les anémiques pourrait nous servir ici de preuve, mais nous préférons interroger l'expérimentation. Très-souvent lorsqu'on soustrait une grande quantité de sang à un animal, il y a une période convulsive qui se manifeste lorsque la perte de sang est sur le point d'amener la syncope. Ce fait ex-

Digitized by Google

périmental montre bien que l'anémie incomplète et brusque de la moelle, donne lieu au moins momentanément à une suractivité de la substance grise de la moelle épinière. Il y a, au contraire, abolition entière et presque instantanée de l'excitabilité de la moelle épinière, lorsque la circulation y est subitement et totalement interrompue. Je vais le démontrer par une expérience qui porte le nom de celui qui la fit le premier, Sténon, mais que tous les physiologistes depuis Sténon ont répétée. Sur ce lapin on a passé un fil sur l'aorte au niveau des artères rénales. On a recousu l'abdomen et on va opérer la ligature de l'aorte en serrant le fil sur le dos de l'animal. Immédiatement la moelle perd ses propriétés, et le train postérieur est paralysé complétement du mouvement et de la sensibilité. L'effet que l'on obtient ainsi est presque immédiat; mais il est plus net et plus brusque par le moyen qu'employait M. Flourens, et dont j'ai déjà eu occasion de faire usage sous vos yeux; je veux dire l'injection d'une poudre inerte (lycopode) dans l'aorte. Mais ici on ne peut pas, comme dans l'expérience de Sténon, faire la contre-épreuve. Au contraire, dans cette dernière expérience, lorsque le mouvement et la sensibilité ont complétement disparu, on peut, en retirant la ligature plusieurs minutes après l'abolition de l'excitabilité, les voir renaître au bout d'un certain temps.

On pourrait faire cette expérience, à l'exemple de M. Brown-Séquard, en injectant du sang oxygéné et défibriné dans l'aorte sur un tronçon postérieur séparé complétement des parties antérieures, alors que l'excitabilité de la moelle épinière aurait disparu. Par cette tranfusion suffisamment répétée, on rétablirait l'excitabilité, en dissipant, comme cela a lieu aussi dans l'expérience de Sténon, les modifications subies par la substance grise de la moelle.

L'influence du sang sur le maintien des propriétés et des fonctions des centres nerveux est tout à fait la même lorsqu'il s'agit de l'encéphale, et je veux vous en parler aujourd'hui même pour ne pas scinder ce sujet. On peut faire sur l'encéphale une expérience analogue à celle que Sténon avait instituée pour la moelle épinière. Voici comment procédait Astley Cooper qui a fait cette expérience: il liait sur un chien en même temps les deux carotides; il y avait une perte incomplète des fonctions cérébrales; s'il comprimait les artères vertébrales, la circulation du cerveau étant complétement suspendue, l'animal tombait comme foudroyé, et s'il faisait cesser cette compression des artères vertébrales, en ayant soin de ne la point trop prolonger, il voyait l'animal récupérer rapidement l'intégrité de ses fonctions cérébrales. M. Brown-Séquard a fait cette expérience de la manière suivante : Il lie sur l'animal les artères carotides et vertébrales, l'animal, je vous l'ai dit, tombe comme foudroyé; la respiration cesse, la mort paraît définitive; mais l'expérimentateur pratique immédiatement la respiration artificielle, pendant quatre, cinq, huit minutes, et lorsqu'il enlève les ligatures, la respiration spontanée se manifeste de nouveau; les mouvements volontaires reparaissent dans la tête et dans toutes les parties du corps ; la vie se rétablit complétement.

Chez les grenouilles, on peut faire des expériences analogues et qui sont remarquables surtout à cause du temps pendant lequel l'excitabilité des centres nerveux peut rester éteinte pour ainsi dire, pour se ranimer complétement ensuite sous l'influence de l'irrigation sanguine. Pour faire ces expériences, on lie le cœur à l'origine des vaisseaux : il n'y a plus de circulation artérielle. Le cœur cependant continue à battre toujours, bien qu'il ne lance plus le sang dans le système artériel; au bout d'un temps qui varie d'une à trois heures et plus, suivant la force de l'animal et suivant la saison, l'excitabilité de la moelle est complétement anéantie; la grenouille nous offre le spectacle le plus parfait de la mort; si on prolonge l'expérience, le cœur continue à battre encore, bien que plus faiblement; au bout de quelques heures la motricité des nerfs est évidemment affaiblie : si à ce moment, c'est-à-dire trois ou quatre heures après que l'excitabilité de la moelle a disparu, on délie l'aorte, la circulation se rétablit, l'excitabilité de la moelle renaît au bout d'une ou deux heures environ, quelquefois même plus tard encore, et l'animal recouvre peu à peu la plénitude de ses fonctions. Le sang nourrit la moelle, et c'est grâce à cette nutrition que les propriétés vitales de ce centre renaissent.

Un procédé d'expérimentation très-intéressant permet de régénérer et d'exhumer pour ainsi dire chez un mammifère les propriétés et les fonctions de l'encéphale après leur complète extinction. Ce procédé est celui que M. Brown-Séquard a employé dans de remarquables expériences. Sur un chien qui vient d'être sacrifié on sépare la tête du tronc, puis au bout de huit à dix minutes, alors que depuis plusieurs minutes déjà toute trace d'excitabilité a disparu dans le bulbe rachidien et le reste de l'encéphale, on pratique à l'aide d'un appareil approprié des injections réitérées de sang défibriné et oxygéné à la fois dans les carotides et dans les vertébrales. On peut voir après quelques moments les manifestations de la vie se montrer de nouveau; il y a dans les muscles des yeux et dans ceux de la face des mouvements qui paraissent prouver que les fonctions cérébrales se sont rétablies dans cette tête complétement séparée du tronc. Cette expérience est bien faite pour inspirer des réflexions sur la nature des facultés cérébrales. Le succès n'était pas douteux lorsqu'on connaissait les faits de Sténon et ceux de Legallois; ce dernier physiologiste avait même indiqué avec une étonnante sûreté de vue quels devaient être les résultats de cette expérience. Permettez-moi, à ce sujet, de vous lire ce qu'il écrivait en 1812 (*Expériences sur le principe de la vie*, p. 134 et suivantes) :

« Il est hors de doute que si les poumons et le cœur pouvaient continuer leurs fonctions avec tout autre tronçon, comme ils le font avec

Digitized by Google

celui de la poitrine, on pourrait de même y entretenir la vie..... Mais si l'on pouvait suppléer au cœur par une sorte d'injection, et si en même temps l'on avait, pour fournir à l'injection, d'une manière continue, une provision de sang artériel, soit naturel, soit formé artificiellement, en supposant qu'une telle formation soit possible, on parviendrait sans peine à entretenir la vie indéfiniment dans quelque tronçon que ce soit, et par conséquent après la décapitation on l'entretiendrait dans la tête elle même, avec toutes les fonctions qui sont propres au cerveau. Non-seulement on pourrait entretenir la vie de cette manière, soit dans la tête, soit dans toute autre portion isolée du corps d'un animal, mais on pourrait l'y rappeler après son entière extinction; on pourrait la rappeler de même dans le corps entier, et opérer par là une résurrection véritable et dans toute la force de l'expression.

Legallois cite l'expérience de Sténon, et ajoute : « De même en liant toutes les artères qui vont à la tête, on réduirait cette partie à l'état de mort et toutes les fonctions intellectuelles propres à l'animal, sujet de l'expérience, seraient non pas seulement affaiblies, troublées ou suspendues, comme dans l'asphyxie ou la syncope, mais totalement anéanties pendant que le reste du corps serait bien vivant. Ces mêmes fonctions renaîtraient ensuite après qu'on aurait délié les artères. »

On voit, par cette citation, que M. Brown-Séquard n'a fait en quelque sorte que réaliser l'expérience imaginée par Legallois.

Peut-être serai-je taxé de hardiesse en avançant que cette expérience pourrait réussir sur l'homme. Si un savant tentait cette expérience sur une tête de supplicié, il assisterait à un grand et terrible spectacle. Il pourrait rendre à cette tête ses fonctions cérébrales; il pourrait réveiller, dans les yeux, les muscles faciaux et les mouvements qui, chez l'homme, sont provoqués par les passions et les pensées dont le cerveau est le foyer. Je n'ai pas besoin de vous dire que tout au plus les lèvres pourraient figurer les articulations labiales, car cette tête est séparée de l'appareil nécessaire à la production des sons.

Je termine l'étude des phénomènes réflexes en vous disant que lorsque la circulation est intacte, l'excitabilité réflexe d'une partie de la moelle séparée des parties antérieures ou supérieures peut persister presque indéfiniment. M. Longet a constaté cette persistance après trois mois, et M. Schiff après plus d'un an.

Je n'ai pas encore achevé l'étude physiologique de la moelle, mais je suis forcé de renvoyer à une autre époque plusieurs questions, entre autres celles qui sont relatives à l'influence de la moelle sur la nutrition, la circulation, la calorification, etc. Je dirai un mot en terminant cette leçon d'une classe de phénomènes que l'on a rapprochés des mouvements réflexes, et auxquels on a donné le nom de phénomènes de sensibilité réflexe. Dans les traités, dans les cours de physiologie, on fait usage de cette dénomination, et cependant elle est évidemment inexacte. Pourquoi dans ce cas avoir substitué ce mot à celui de sympathie qui était si bien placé ici? Qu'appelle-t-on ainsi? Ce sont des phénomènes dont un grand nombre se rattachent surtout à la physiologie du bulbe rachidien. L'irritation mécanique du conduit auditif externe donne lieu à une sensation spéciale, un chatouillement de la gorge, et provoque des accès de toux. L'impression d'une vive lumière, celle du soleil, par exemple, détermine l'éternument chez des individus prédisposés. On peut joindre à ces exemples les sensations morbides sympathiques; les irradiations des névralgies, etc. Il y a une certaine récurrence pour les mouvements réflexes les plus simples, et c'est là ce qui leur a fait donner le nom qu'ils portent; mais pour les phénomènes dont nous parlons maintenant, il n'y a rien de semblable. Il y a une excitation périphérique initiale qui est transmise à un certain point des centres nerveux. De là l'excitation est communiquée à un autre point central en rapport avec des fibres nerveuses sensitives venant d'une autre partie du corps. L'extrémité centrale de ces fibres se trouve ainsi excitée, et, d'après une loi bien connue du mécanisme de l'action des nerfs sensitifs, la sensation secondaire produite de cette façon est rapportée par le sensorium à la périphérie. Pour l'exemple tiré de l'impression d'une vive lumière, tout se passe dans le noyau d'origine du nerf trijumeau et de la même manière; dans d'autres cas, ce seront des groupes de cellules auxquels aboutissent des nerfs sensitifs plus ou moins éloignés qui se communiqueront l'excitation reçue; mais tout se passera dans le centre nerveux; il n'y aura pas récurrence, réflexion, comme dans le cas des mouvements réflexes. Ce mot de sensibilité réflexe est donc dénué de fondement; ce sont les mots de *sympathie* ou de *synesthésie* dont on doit se servir pour désigner les phénomènes en question; ou bien avec Müller on peut employer le terme : *sensations associées*. — E. Bremond.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### XIII, XIV et XV.

**Mécanisme de la mort par le curare.**

Après avoir étudié les conditions diverses de l'absorption du curare, nous devons indiquer par quel mécanisme la mort se produit sous son influence. En effet, il ne suffit pas, pour caractériser une substance, de dire qu'elle tue les êtres vivants, il faut encore dire comment elle les tue. Tous les poisons se ressemblent par le résultat final de leur action, la destruction de la vie, mais ils arrivent à ce résultat, toujours le même, par des mécanismes très-différents, et l'étude de ces divers mécanismes conduit à distinguer plusieurs genres de mort, suivant la partie de l'organisme vivant qui est frappée, et dont la suppression, en détruisant l'harmonie de l'ensemble, l'empêche de continuer à fonctionner.

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10 et 11.

Digitized by Google

Bichat distinguait la mort par le cœur, la mort par le cerveau, la mort par le poumon. Les anciens comparaient la vie à un trépied, dont les trois pieds correspondaient au cœur, aux poumons et au cerveau. De même que le trépied chancelle lorsqu'un de ses supports vient à lui manquer, la suppression d'un de ces trois organes essentiels, cœur, poumons ou cerveau, c'est-à-dire l'arrêt d'une des trois grandes fonctions à laquelle préside chacun d'eux, entraîne forcément la cessation de la vie. C'est là sans doute une classification qui a pu être bonne autrefois, mais elle n'est plus compatible avec les progrès récents de la physiologie, surtout de la physiologie générale; car la mort peut se produire par le cœur ou le cerveau, sans que ni le cerveau, ni le cœur, n'eussent été primitivement atteints.

Il y a, en effet, deux choses à distinguer profondément en anatomie, les *organes*, c'est-à-dire les instruments de la vie, et les *éléments* actifs de ces organes, c'est-à-dire les éléments histologiques. Les animaux ont des organes différents d'une espèce à l'autre, suivant la diversité des conditions ambiantes au milieu desquelles vit chaque espèce; mais on retrouve, dans toutes ces espèces, les mêmes éléments histologiques, et, par suite, les effets toxiques sont partout les mêmes. On observe sans doute quelques différences de degré, mais elles tiennent à la différence des conditions physico-chimiques, et non à l'espèce. C'est dans les modifications diverses subies par les éléments histologiques qu'il faut chercher l'explication de l'action de chaque poison, et le mécanisme de la mort qu'il produit. Mais comme l'importance et le rôle véritable des éléments histologiques, objet propre de la physiologie générale, ne commencent à être étudiés que depuis fort peu de temps, on ne doit pas s'étonner que les expériences faites dans ce sens sur les divers poisons soient toutes fort récentes.

Pour le curare, en particulier, on peut sans doute citer des expériences antérieures au commencement de notre siècle, notamment celles de Fontana, dont il a déjà été question plus haut. Mais M. Claude Bernard est entré le premier dans une voie analytique véritablement féconde pour les progrès de la physiologie en général, et il a démontré que le curare attaquait un élément histologique, en respectant tous les autres.

Les premières expériences de M. Claude Bernard remontent à 1844. Il reçut à cette époque de M. Pelouze, une certaine quantité de curare rapporté du Brésil par M. Goudot, et il se hâta de soumettre divers animaux à son action, pour déterminer les effets propres de cette substance. Il remarqua que les muscles des animaux tués par le curare étaient toujours relâchés, et en pratiquant l'autopsie immédiatement après la mort, il vit que le cœur continuait à battre; d'un autre côté, les nerfs n'étaient plus irritables par l'électricité (1) immédiatement après la mort, tandis que les muscles avaient conservé intacte leur propriété contractile. M. Claude Bernard, en précisant mieux les faits anciens et en les complétant par d'autres, leur donna une importance toute nouvelle, parce qu'il était guidé par une idée existant, du reste, dans la science depuis assez longtemps déjà, et développée notamment par Haller.

En effet, si la physiologie générale est assez récente comme science constituée, il ne faudrait pas croire non plus qu'elle s'est formée tout d'un coup sans aucun antécédent. Ce n'est pas d'aujourd'hui seulement qu'on a soupçonné dans chaque élément histologique des propriétés distinctes, de telle sorte que la vie résultât des réactions réciproques de ces éléments les uns sur les autres.

Depuis longtemps déjà, bien des physiologistes soutenaient que les nerfs et les muscles étaient deux choses parfaitement distinctes l'une de l'autre, et Haller, notamment, disait que le nerf apportait au muscle l'irritation qui lui était nécessaire pour se contracter, mais que ce muscle avait ses propriétés à lui, de même que le nerf avait les siennes tout à fait distinctes.

Cependant l'opinion de Haller ne parvenait pas à se faire accepter universellement, parce qu'il était impossible de démontrer par expérience la distinction des propriétés du nerf d'avec celles du muscle. En effet, on avait beau couper un nerf à son entrée dans le muscle, et constater alors que ce muscle conservait sa propriété contractile, cela ne prouvait pas que la persistance de cette propriété n'était pas due aux derniers filaments nerveux parcourant le tissu du muscle pour se distribuer à chaque fibre. Sans doute, ces filaments nerveux finissaient par périr au bout d'un certain temps, mais alors les propriétés vitales du muscle en repos pouvaient également s'altérer, et l'on ne pouvait toujours savoir si cela tenait à la destruction des filets nerveux, ou tout simplement à l'altération que finissait par subir le tissu musculaire privé de nutrition par le repos.

C'est comme argument propre à établir d'une manière indiscutable l'exactitude de l'opinion de Haller, que M. Claude Bernard publia ses expériences sur le curare. Elles résolvaient en effet le problème, et la distinction physiologique des nerfs et des muscles ne pouvait plus être mise en doute, puisqu'il était démontré que le curare, qui détruit les propriétés des nerfs moteurs, ne diminue en rien celles des muscles. M. Claude Bernard crut même d'abord que les propriétés des muscles étaient exagérées par l'action du curare; mais c'était là une erreur, comme il eut bientôt occasion de s'en convaincre en faisant d'autres expériences, et il restait établi que le curare est sans action sur les propriétés des muscles.

(1) M. Claude Bernard opérait avec des doses de poison relativement considérables; quand on emploie des doses suffisamment faibles, l'irritabilité du nerf moteur, avant de disparaître, est exaltée pendant un certain temps et ne disparaît que plus lentement.

Digitized by Google

Répétons d'abord les expériences fondamentales, afin de bien mettre les faits en évidence et d'avoir une base solide pour la discussion.

Voici une grenouille, un moineau et un rat que nous empoisonnons avec des doses convenables de curare. Ils ne tardent pas à succomber tous les trois en présentant des phénomènes très-analogues. En effet, les classifications de la zoologie fondées sur des considérations morphologiques, fort intéressantes d'ailleurs, disparaissent ici devant la généralité des phénomènes et l'universalité d'une action qui doit être partout la même, puisqu'elle porte sur les éléments histologiques, lesquels ne varient point d'une espèce à l'autre. Les animaux qui viennent de recevoir ainsi du curare éprouvent bien quelques frémissements qui ressemblent à des sensations de mouvement pour fuir ou s'échapper, mais ils ne présentent point de véritables convulsions, comme nous en observerons dans les empoisonnements par la strychnine. Par exemple, ces animaux s'affaissent sur eux-mêmes, sans pousser du reste aucun cri et sans donner de signes de douleur; puis la mort ne tarde pas à arriver, c'est-à-dire que la respiration cesse.

En ouvrant immédiatement la grenouille, nous voyons son cœur battre avec une régularité parfaite; si nous la préparons ensuite à la manière de Galvani, c'est-à-dire en ne conservant que les deux membres postérieurs et les nerfs lombaires qui s'y distribuent, nous constatons que les nerfs ont perdu la propriété de faire contracter les muscles lorsqu'on les irrite avec un courant électrique, tandis que les muscles se contractent parfaitement lorsqu'ils sont directement irrités.

Voici comme point de comparaison une grenouille préparée de la même manière que l'autre et avant elle, mais tuée simplement par vivisection. Nous voyons que chez celle-ci les nerfs comme les muscles ont conservé leur irritabilité, et qu'on obtient des contractions en portant le courant électrique sur les premiers aussi bien qu'en le portant sur les seconds. On ne peut donc pas nous dire que si les nerfs de la grenouille empoisonnée par le curare ont perdu leur irritabilité, tandis que les muscles la conservent encore, cela tient tout simplement à ce qu'après la mort, les propriétés vitales s'éteignent plus vite dans le nerf que dans le muscle. En effet, si cela était vrai, nous aurions dû trouver le même résultat sur la grenouille saine, morte depuis plus longtemps que l'autre, et puisque les résultats ne sont pas les mêmes dans les deux cas, nous sommes bien forcés d'expliquer leur différence par la seule circonstance qui ait changé d'une expérience à l'autre, c'est-à-dire par l'intervention du curare et l'action propre de ce poison. Dans toutes les expériences physiologiques il faut toujours avoir soin de faire des épreuves comparatives de ce genre, parce que c'est le seul moyen de bien mettre en évidence ce qui peut être légitimement attribué à l'influence de la condition ou de l'agent dont on cherche à déterminer les effets propres.

Le moineau et le rat, ouverts également aussitôt leur mort, donnent lieu aux mêmes constatations.

Les faits sont donc nettement établis par ces expériences; mais il faut savoir ne pas aller au delà des faits, et ne pas se hâter d'affirmer la destruction du système nerveux tout entier. Contentons-nous de dire que les nerfs qui se distribuent dans les membres ont perdu la propriété qu'ils avaient d'exciter ces muscles et de les faire contracter sous l'influence de cette excitation. Il y a en effet d'autres nerfs qui n'ont pas pour usage de faire contracter les muscles des membres, par exemple les nerfs sensitifs, les nerfs glandulaires, etc., et rien jusqu'ici ne nous permet d'affirmer qu'ils ont été frappés comme les nerfs des membres. Il s'agit donc précisément de savoir si tout le système nerveux est atteint par l'action du curare, et comment il est atteint.

Or, M. Claude Bernard a constaté que les nerfs sensitifs échappent à l'action toxique du curare. Voici comment il fut amené à établir ce point important. Après avoir démontré que le curare détruisait l'irritabilité des nerfs qui se distribuent aux muscles des membres, il se demanda naturellement si ce poison n'altérerait pas aussi en quelque chose les propriétés musculaires, par exemple en diminuant leur intensité ou leur persistance après la mort de l'animal. Pour résoudre ce problème, il préparait de la même manière deux grenouilles, l'une empoisonnée par le curare, l'autre simplement tuée par vivisection; puis il les plaçait sous une cloche de verre, afin d'éviter l'évaporation et le desséchement, qui aurait hâté considérablement la destruction des propriétés des tissus, et il observait alors lesquels, des muscles de la grenouille saine ou des muscles de la grenouille empoisonnée, conservaient le plus longtemps leur irritabilité. Mais les résultats étaient fort variables : c'était tantôt chez la grenouille saine, et tantôt chez la grenouille empoisonnée que l'irritabilité musculaire paraissait avoir plus de persistance. Il faut remarquer en effet qu'il était impossible d'avoir deux grenouilles parfaitement comparables, et les variations des résultats tenaient à cette circonstance.

Ne pouvant comparer sûrement deux grenouilles entre elles, M. Claude Bernard eut alors l'idée de comparer les deux membres postérieurs d'une même grenouille. Pour cela, avant d'empoisonner l'animal avec du curare, il lia l'artère crurale de l'une des jambes, de manière à empêcher dans cette jambe l'accès du sang, qui est le véhicule de l'empoisonnement. Grâce à cet artifice, les muscles de l'une des pattes postérieures étaient empoisonnés par le curare, tandis que les muscles de l'autre échappaient à son action. En opérant de cette façon, M. Claude Bernard vit alors, d'une manière constante, que l'irritabilité musculaire persistait plus longtemps dans la patte empoisonnée que dans celle qui ne l'était pas, ce qui lui fit d'abord admettre que le curare exaltait les propriétés des muscles de même qu'il détruisait celles des nerfs. C'était là une erreur, comme nous l'avons déjà

Digitized by Google

dit et comme M. Claude Bernard le démontra lui-même. L'effet constaté existe dans les conditions indiquées plus haut ; mais il tient simplement à ce que le cœur, continuant à battre, envoyait toujours du sang à la patte empoisonnée, tandis qu'il ne pouvait plus en envoyer à la patte saine, la ligature pratiquée pour arrêter l'action du curare ayant fermé tout accès au sang dans cette patte. Or, le sang, bien que presque complétement noir dans ces circonstances, possède cependant encore une certaine action nutritive qu'il exerce sur les muscles de la patte empoisonnée, ce qui explique tout naturellement pourquoi la vie s'éteint moins vite dans cette patte que dans l'autre. En effet, si, dès que l'empoisonnement était produit, on liait les vaisseaux de la patte empoisonnée de la même manière qu'on avait lié les vaisseaux de l'autre auparavant, on empêchait ainsi l'accès ultérieur du sang dans une patte comme dans l'autre, et l'on constatait alors que l'irritabilité musculaire s'éteignait en même temps dans les deux pattes, bien que le curare eût exercé son influence sur l'une d'elles et ne l'eût pas exercée sur l'autre. La différence des résultats observés antérieurement tenait donc bien à l'influence nutritive du sang.

Mais ce que M. Claude Bernard vit de plus dans cette expérience, et sans le chercher ni sans s'y attendre, c'est que la patte non empoisonnée se rétractait quand on la pinçait, ou même quand on pinçait les autres parties du corps, preuve évidente que, ni dans cette patte, ni dans les autres parties du corps, les nerfs sensitifs n'avaient été atteints par l'action toxique du curare.

Il était démontré en même temps que les nerfs moteurs s'empoisonnent par l'extrémité périphérique, et non par l'extrémité centrale, puisque les nerfs moteurs de la patte liée dès le commencement de l'expérience n'avaient pas été empoisonnés, bien que, par leur extrémité centrale dans la moelle, ils pussent être en contact avec le curare.

Lorsque vous considérez cette grenouille qui subit en ce moment l'action du curare, il est évident que si l'on vous demandait si elle sent encore, vous seriez tentés de répondre tout de suite que non, car elle est parfaitement inerte, et quand on la pince, il ne se produit aucun phénomène de réaction. Cependant cette réponse, qui semble si naturelle, contiendrait certainement une erreur, d'après ce qui a été dit plus haut. C'est qu'en effet, nous ne saisissons directement la sensibilité qu'en nous-mêmes, parce que là seulement nous en avons conscience. Dès que nous tournons nos regards vers les animaux et à l'extérieur de nous, la situation change complétement. Nous ne pouvons plus connaître l'existence de la sensibilité que lorsqu'elle nous est révélée par les mouvements. Or, l'empoisonnement par le curare paralysant tous les mouvements, la sensibilité, qui existe cependant toujours, ne peut plus se manifester. Cet exemple montre bien à quel point sont délicates toutes les expériences physiologiques, et de quelles graves erreurs elles peuvent être quelquefois entachées, même lorsqu'on les conduit avec tous les soins possibles.

En résumé, dire que le curare détruit toutes les propriétés du système nerveux, c'est une proposition trop générale, qui englobe à la fois des vérités et des erreurs.

On distingue des éléments glandulaires, nerveux, musculaires, etc., tout à fait différents les uns des autres. Mais, parmi les éléments nerveux, il y a encore des distinctions à faire au point de vue de leur nature et de leur résistance aux agents toxiques. D'ailleurs ce n'est point là une chose nouvelle, car la physiologie expérimentale a distingué depuis longtemps déjà les nerfs sensitifs des nerfs moteurs. La moelle épinière sert, en effet, d'origine à deux séries de racines nerveuses bien distinctes, les unes émanant des faisceaux antérieurs, les autres des faisceaux postérieurs : les premières président au mouvement et sont composées de fibres motrices ; les secondes, qui portent, presque à leur naissance, un petit renflement ou ganglion particulier (*ganglion intervertébral*), président à la sensibilité et sont composées de fibres sensitives. Les fibres motrices et les fibres sensitives se réunissent du reste bientôt en un faisceau unique. En sectionnant les deux racines, on distingue bien facilement les fibres sensitives des fibres motrices, par les paralysies différentes qu'elles produisent et par la différence des effets que produit l'action d'un irritant quelconque sur le bout central et le bout périphérique de chacune d'elles. En effet, si l'on tient une fibre sensitive, l'irritation du bout central produit une vive sensation, tandis que l'irritation du bout périphérique ne produit rien ; et inversement, quand on opère sur une fibre motrice, l'irritation du bout central ne donne aucun résultat, tandis que celle du bout périphérique produit aussitôt une contraction dans les muscles où elle se rend. Il est facile de se rendre compte de ces phénomènes, en réfléchissant au sens du courant nerveux dans les fibres sensitives ou dans les fibres motrices, et à la série des réactions successives qui se terminent par la contraction d'un muscle (1).

Cette distinction établie par la physiologie expérimentale doit naturellement se reproduire dans la physiologie toxicologique. Nous allons montrer en effet, par une expérience tout à fait concluante, que ces deux sortes de nerfs sont parfaitement distingués par le curare, les nerfs moteurs seuls étant frappés, et les nerfs sensitifs restant intacts. Nous aurons même à chercher plus tard si ce poison n'agit pas spécialement sur certains éléments particuliers du système nerveux moteur en respectant les autres.

Voici une grenouille qui a déjà subi une opération préparatoire. Le sacrum a été soulevé, ce qui a mis à découvert les nerfs lombaires et l'aorte. Puis on a passé un fil

(1) Voy. pour plus de détails, le cours de *Physiologie générale*, professé l'année dernière, à la Sorbonne, par M. Claude Bernard, dans la première année de la *Revue des cours scientifiques*.

Digitized by Google

assez fort entre les nerfs lombaires d'un côté et les vaisseaux sanguins de l'autre; on a replié ensuite ce fil le long du ventre, et l'on a pratiqué avec lui une ligature fortement serrée, enveloppant tous les organes, sauf les nerfs lombaires. Toute communication par les veines et les artères se trouve donc complétement interrompue entre la partie antérieure et la partie postérieure du corps, tandis que la communication nerveuse continue parfaitement à se produire par les nerfs lombaires. Cette opération ne peut guère se faire commodément que sur une grenouille ou un animal du même genre. En effet, la grenouille ainsi liée par le milieu du corps ne perd la motricité et la sensibilité de son train postérieur qu'au bout de plusieurs heures, tandis qu'une pareille ligature pratiquée sur un animal à sang chaud aurait entraîné presque immédiatement la paralysie des membres.

La grenouille étant ainsi disposée, nous lui injectons du curare sous la peau du ventre, dans la partie antérieure du corps : cette partie antérieure va évidemment être empoisonnée; mais, grâce à la ligature que nous avons pratiquée, le train postérieur sera préservé. Et en effet, au bout de quelque temps, nous constatons que les membres antérieurs sont complétement paralysés du mouvement; au contraire, les pattes postérieures remuent encore, ce qui prouve que le curare agit seulement à l'extrémité périphérique du nerf moteur : car il est évident que par son extrémité centrale dans la moelle épinière, ce nerf moteur est baigné de curare; mais le sang empoisonné, arrêté par la ligature, n'a pu pénétrer jusqu'à son extrémité musculaire, et c'est ainsi que l'action du curare a pu être localisée. Nous reviendrons, du reste, tout à l'heure sur ce point.

Le train postérieur, n'ayant aucunement été atteint par le curare, a évidemment conservé toutes ses propriétés nerveuses, les propriétés sensitives comme les propriétés motrices; et, en effet, quand on pince les pattes postérieures de l'animal, il les retire avec une grande vivacité, preuve évidente qu'il sent encore la douleur et peut de même exécuter des mouvements pour y échapper. Mais ce n'est pas tout. La sensibilité a persisté partout, et même dans la partie antérieure du corps où le curare a exercé son action toxique. Pinçons en effet les pattes antérieures : l'animal ne pourra évidemment retirer ces pattes, puisque le curare les a paralysées du mouvement; mais l'excitation de ces nerfs sensitifs se généralisant très-facilement dans tout le corps, il agitera les pattes postérieures par suite de l'irritation produite aux pattes antérieures. Ainsi, cette grenouille conserve toute sa sensibilité et même toute sa volonté, car nous lui voyons faire tous les efforts imaginables pour se débarrasser de la pince avec laquelle on la saisit. Jetons-la dans l'eau : elle nagera avec les pattes postérieures, comme si elle était à l'état normal, sauf que les mouvements ordinaires des pattes antérieures ne pourront pas se produire.

Comme point de comparaison, voici une autre grenouille que nous avons empoisonnée de la même manière, mais sans avoir pratiqué sur elle la même ligature. L'action du curare porté par le sang, véhicule ordinaire de tous les empoisonnements, a donc pu se généraliser ainsi dans tout le corps, et y détruire partout les propriétés du système nerveux moteur. Mais il est évident que la sensibilité et la volonté doivent persister chez cette grenouille comme chez la précédente, car nous avons administré le même poison en même quantité et de la même manière. Cependant aucun phénomène extérieur ne vient révéler cette persistance, puisque la grenouille a perdu partout ses facultés motrices. Cet exemple montre d'une manière tout à fait incontestable qu'un animal peut très-bien conserver intactes sa sensibilité et sa volonté, sans que nous nous en doutions le moins du monde.

Voilà donc un point bien établi : le curare ne frappe primitivement que le nerf moteur, et c'est, par conséquent, sur cet élément histologique que nous devons concentrer nos études. Maintenant, nous avons encore à montrer que le curare n'atteint le nerf moteur que par son extrémité musculaire.

Quand on empoisonne des grenouilles avec de fortes doses de curare, nous constatons, immédiatement après la mort, que les propriétés vitales des nerfs moteurs ont complétement disparu. Mais comme nous avons opéré ici avec des doses de poison exagérées, la mort a été très-rapide. Pour bien observer les phénomènes de la mort du nerf par le curare, il faut autant que possible les ralentir.

Voici deux lapins que nous allons soumettre également à l'action du curare, mais avec des doses beaucoup plus faibles. L'un reçoit sous la peau 2 milligrammes de curare dans un demi-centimètre cube d'eau; il sera simplement paralysé pendant un certain temps. L'autre reçoit également sous la peau 4 milligrammes dans un centimètre cube d'eau; c'est la dose strictement nécessaire pour le tuer, mais il mourra fort lentement, en une demi-heure environ. Lorsqu'ils seront pris des effets du curare, on pourra, en mettant aussitôt à nu le nerf sciatique, par exemple, constater que les nerfs moteurs sont encore irritables par l'électricité, chez l'animal qui va mourir comme chez celui qui n'est que paralysé. Bien plus, la mort du nerf moteur commence par une exaltation de ses propriétés vitales, de telle sorte qu'on peut alors l'irriter avec un courant plus faible que celui qui serait nécessaire à l'état normal. Du reste, ce n'est point là un phénomène exceptionnel, et la mort physiologique du nerf moteur, à la suite d'une vivisection, par exemple, présente les mêmes phénomènes que la mort par le curare; dans ce cas, également, les propriétés vitales du nerf moteur s'exaltent avant de périr. Nous aurons plus tard occasion de constater, en faisant des recherches différentes, que, chez les autres éléments histologiques, comme chez le nerf moteur, la destruction des propriétés vitales est précédée d'une période d'exaltation plus ou moins longue.

La persistance de l'irritabilité électrique des nerfs

Digitized by Google

moteurs, après l'empoisonnement par le curare, est un fait important à noter. En effet, certains expérimentateurs, M. Pélikan notamment, ont prétendu que le curare ne détruisait pas les propriétés vitales du nerf moteur aussitôt après la mort, puisqu'en ouvrant les animaux aussitôt qu'ils avaient succombé sous l'influence du curare, ils constataient que les nerfs moteurs étaient encore excitables par l'électricité. Les faits invoqués par ces savants sont, on le voit, parfaitement exacts, et leur opinion n'est aucunement erronée, mais elle n'infirme pas les résultats différents que nous avons exposés plus haut. S'il y a divergence, c'est qu'on ne se place pas des deux côtés dans les mêmes conditions, comme cela arrive souvent dans les questions physiologiques; les deux opinions qui paraissent tout à fait contraires l'une à l'autre, peuvent parfaitement se concilier, et elles sont également vraies toutes les deux, suivant qu'on emploie une dose forte ou une dose faible de poison.

Une expérience comparative va mettre ce point dans la plus complète évidence.

Voici deux grenouilles que nous empoisonnons toutes les deux par le curare, mais avec des doses très-différentes. La première reçoit sous la peau un milligramme de ce poison dissous dans un quart de centimètre cube d'eau; à l'autre, au contraire, nous injectons dans le tissu cellulaire sous-cutané un centigramme et demi de la même substance. Vous allez constater sur ces deux grenouilles, lorsqu'elles seront mortes toutes les deux sous l'influence du curare, des résultats très-différents. Chez la grenouille qui a reçu une dose de poison fort considérable, l'irritabilité des nerfs moteurs sous l'influence de l'électricité a complétement disparu; chez la grenouille qui n'avait reçu qu'une dose faible, elle se conserve, au contraire, un temps assez long après la mort, quoiqu'elle s'éteigne cependant toujours beaucoup plus rapidement que si l'animal avait été simplement tué par vivisection.

Cette expérience lève d'une manière complète la contradiction apparente des résultats obtenus par M. Claude Bernard et M. Pélikan, et elle donne en même temps la la raison de leur différence. M. Claude Bernard avait opéré sur des grenouilles ou des oiseaux, c'est-à-dire des animaux assez petits pour lesquels on atteignait très-vite une dose considérable, relativement à leurs faibles dimensions. M. Pélikan, au contraire, opérait sur de gros mammifères, et comme la quantité de curare strictement nécessaire pour tuer des animaux de forte taille était déjà fort considérable, il ne la dépassait jamais beaucoup.

Nous devons donc dire, pour être parfaitement exact, que l'empoisonnement par le curare ne détruit immédiatement l'irritabilité des nerfs moteurs que lorsque cet empoisonnement marche rapidement et a lieu sous l'influence d'une dose considérable; mais lorsqu'on opère avec une dose faible, l'empoisonnement est lent à se produire, et les nerfs moteurs restent irritables par l'électricité pendant un certain temps après la mort.

Nous avons démontré que l'action propre du curare consiste à détruire les propriétés du nerf moteur. Cherchons maintenant comment la destruction de ces propriétés peut amener la mort de l'animal.

Tous les nerfs moteurs de l'organisme sont successivement atteints par l'action du curare. Les plus sensibles à cette action sont les nerfs des membres; les nerfs respiratoires résistent plus longtemps que tous les autres, mais ils finissent aussi par être atteints. La respiration se ralentit alors progressivement, et presque tous les mouvements étant éteints, le sang devient noir.

Fontana avait observé ce dernier fait, du reste très-exact, et c'est même là ce qui l'a induit en erreur sur l'action véritable du curare. En effet, trouvant la constitution du sang altérée à la suite de l'empoisonnement par le curare, il crut que c'était sur ce liquide, et non sur les nerfs, que portait l'action spéciale de ce poison. S'il avait soumis les nerfs d'un animal tué par le curare à l'action des excitants, il aurait bien vite aperçu son erreur. Mais il n'eut pas l'idée de le faire, parce qu'une de ses expériences lui semblait prouver péremptoirement que ce n'était pas sur les nerfs qu'agissait le curare. Ayant coupé le nerf sciatique d'un lapin ou d'un cochon d'Inde, il l'enveloppait dans un linge imbibé d'une dissolution de curare, et il le laissait dans cet état pendant plusieurs heures; au bout de ce temps, il constatait que le nerf avait conservé ses propriétés vitales : le curare est donc sans action sur lui, s'empressait de conclure Fontana. Bien que le fait fût parfaitement exact et très-bien observé, la théorie qu'en tirait Fontana n'en était pas moins radicalement fausse, et cela nous montre combien on doit prendre garde, en raisonnant sur les expériences qu'on a exécutées, de dépasser la portée véritable des faits.

Après avoir exposé son opinion et l'expérience que nous venons de rapporter, Fontana ajoute : «On pourrait bien m'objecter, il est vrai, que l'action du curare sur le nerf ne s'exerce peut-être qu'à l'extrémité de ce nerf qui plonge dans le muscle; mais, quand on veut faire des objections, on en trouve toujours le moyen. » Il est malheureux que Fontana ait justement signalé, pour la repousser aussi légèrement, l'objection qui devait renverser son système, et faire découvrir enfin la véritable action du curare.

Le curare agissant précisément sur l'extrémité des nerfs moteurs, c'est là que nous devons trouver les conditions de l'empoisonnement, et la principale de ces conditions, c'est que le curare touche l'extrémité terminale du nerf moteur. Tel est le déterminisme physiologique du phénomène; car il ne faudrait pas croire que les sciences de la vie ne puissent pas, comme les sciences physico-chimiques, atteindre une complète certitude : si celles-ci paraissent plus exactes, c'est tout bonnement parce qu'elles sont plus simples.

Il faudrait maintenant nous faire une théorie sur l'action intime de chaque poison, et en particulier du cu-

Digitized by Google

rare, puisque c'est de lui que nous parlons en ce moment. Ce que nous connaissons des propriétés du curare nous permet de le faire. Nous avons, en effet, dans l'arrêt du système nerveux moteur, l'explication entière du mécanisme et des circonstances de la mort par le curare.

Le premier phénomène qu'on observe sur l'animal empoisonné par le curare, c'est la paralysie des membres. Mais la paralysie peut également résulter de la destruction de l'un de ces trois éléments histologiques, le nerf sensitif, le nerf moteur et le muscle. De ces trois éléments, c'est, dans le cas présent, le nerf moteur qui a été frappé : en effet, la grenouille empoisonnée par le curare possède encore toute sa sensibilité ; elle conserve même sa volonté et ses facultés cérébrales, ce qui conduirait à penser que ces facultés sont effectivement liées aux facultés sensitives, — comme le disent, du reste, les philosophes, — et sont indépendantes des facultés motrices, puisque les agents toxiques qui détruisent ces derniers n'atteignent ni la sensibilité, ni l'intelligence, et réciproquement.

Parmi les différents nerfs moteurs, le curare frappe d'abord les nerfs les plus volontaires, et particulièrement ceux des membres, bien qu'il n'y ait au fond, entre les nerfs volontaires et les nerfs involontaires, aucune différence de nature, mais de simples différences de mécanisme et d'adaptation physiologique. En même temps que les nerfs des membres, les nerfs du larynx perdent aussi leur irritabilité, car l'animal ne peut plus crier, comme M. Claude Bernard avait encore occasion de le constater hier même. Cependant la respiration se fait encore, ce qui prouve que les nerfs laryngés respiratoires sont atteints plus tard que les nerfs laryngés vocaux, ainsi que nous l'avons déjà dit tout à l'heure.

Mais, après tout, l'animal qui a perdu l'usage des membres et de la voix pourrait parfaitement vivre ainsi paralysé. Quelle est donc la paralysie qui menace immédiatement son existence ? C'est celle des nerfs respiratoires. Quand cette paralysie se produit, l'asphyxie en est la conséquence nécessaire et même fort prochaine ; c'est par là que périt l'animal, et cela est si vrai, que si l'on pratiquait la respiration artificielle pendant assez longtemps pour lui permettre d'éliminer tout le curare qu'il a reçu, on le sauverait très-facilement. Cela explique en même temps pourquoi les animaux qui s'asphyxient le plus vite, sont aussi les plus sensibles à l'action du curare.

Qu'est-ce que l'asphyxie ? C'est la privation d'oxygène pour l'organisme. Tous les tissus de l'organisme, tissu musculaire, tissu glandulaire, tissu nerveux, tissu cutané, etc., ont besoin d'oxygène pour remplir leurs fonctions. Aussi a-t-on dit qu'il y avait une respiration glandulaire, une respiration musculaire, une respiration cutanée, etc. En réalité, le poumon ne respire pas plus qu'un autre organe, c'est simplement un appareil qui préside à l'introduction de l'oxygène dans l'organisme ; mais on peut parfaitement bien s'en passer, et atteindre le même but par d'autres moyens. Ainsi les animaux inférieurs n'ont aucune espèce de poumon, ce qui ne les empêche pas de respirer, c'est-à-dire de consommer de l'oxygène.

Ce qui tue l'animal, ce n'est donc pas la présence du curare dans son organisme, mais les conséquences de cette présence, c'est-à-dire la destruction des nerfs respiratoires, et l'asphyxie, qui en est la suite. Mais cette asphyxie n'arrive pas tout d'un coup ; elle ne se produit que lentement, peu à peu, à mesure que l'oxygène vient à manquer aux éléments histologiques. Ainsi cette grenouille n'est pas encore asphyxiée, bien qu'elle ne remue plus du tout et que son sang soit devenu noir, car ce sang, tout noir qu'il est, conserve encore assez de vitalité pour irriter les organes. En hiver, les animaux à sang froid ont une respiration très-lente, et dépensent par suite fort peu d'oxygène, ce qui fait qu'ils meurent beaucoup moins vite, ou même qu'ils ne meurent pas du tout sous l'influence d'une dose de curare qui les tuerait très-rapidement en été, parce qu'ils ont eu le temps d'éliminer leur dose de poison tout entière avant d'avoir épuisé leur provision d'oxygène ; or, jusque-là il n'y a pas d'asphyxie, et par conséquent, la mort par le curare sera d'autant plus rapide, que l'on se placera dans des conditions où la dépense d'oxygène est plus considérable. D'après ce que nous venons de dire, on voit que le véritable contre-poison du curare, c'est la respiration artificielle.

Mais chez cette grenouille qui ne peut plus se remuer, parce que l'action du curare lui a enlevé l'usage de tous ses nerfs volontaires, les muscles qui ne sont pas soumis à l'influence de la volonté, continuent à se contracter comme auparavant et l'on voit notamment le cœur qui bat toujours, ce qui prouve, — nous pouvons le dire en passant, — que le cœur n'a pas besoin du système nerveux pour exercer ses fonctions.

Mais tout cela, c'est le mécanisme du phénomène, et non pas encore son sens intime, son explication véritable. C'est cette explication complète qu'il nous faudrait trouver.

---

Cercle agricole.

3 mars. — M. le docteur Léon Simon fils : De l'origine des espèces et du système de Darwin.

10 mars. — M. le docteur Constantin James : Des poissons.

24 mars. — M. le docteur Le Maout : Les abeilles.

31 mars. — M. Liais : Constitution physique du soleil.

21 avril. — M. l'abbé Moigno : Aimants et électro-aimants. Moteurs locomotives et freins électriques.

28 avril. — M. Babinet, de l'Institut : Revue générale des sciences.

---

BRIERRE DE BOISMONT. Du suicide et de la folie suicide, 2e édit. 1 fort vol. in-8 de 800 pages. 7 fr.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 14. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 4 MARS 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**La génération spontanée.** — Conférence de **M. N. Joly**, professeur à la Faculté des sciences et à l'École de médecine de Toulouse.

COLLÈGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XV (fin). Mécanisme de la mort par le curare.

**Bulletin des cours.**

---

Paris, 3 mars 1865.

Nous publions aujourd'hui la conférence que M. Joly vient de faire, mercredi dernier, sur la génération spontanée, et qu'il a bien voulu écrire tout exprès pour nous. On n'a pas oublié l'éclatant succès obtenu l'année dernière à la Faculté de médecine de Paris, par l'illustre hétérogéniste. Cette seconde conférence ne le cède en rien à son aînée, et l'amphithéâtre de la rue Cadet a dû refuser faute de place un grand nombre d'auditeurs. Nous sommes donc heureux d'annoncer que M. Joly, cédant aux nombreuses sollicitations dont il a été l'objet, s'est enfin décidé à faire, mardi prochain, une nouvelle conférence sur l'hétérogénie dans les salons de la rue de la Paix. Il exposera ses travaux récents et ceux de M. Pouchet, ainsi qu'une expérience nouvelle de M. Frémy, dont il discutera les résultats. — Samedi prochain, M. Joly donnera, également rue de la Paix, une conférence sur l'*homme fossile*, que nous reproduirons aussi *in extenso*. Le savant professeur de Toulouse a fait de nombreuses recherches sur cette question intéressante, et il est en mesure de montrer à son auditoire un grand nombre d'objets qu'il a recueillis lui-même dans les cavernes du midi de la France, et qui semblent démontrer la contemporanéité des premiers hommes avec les grands mammifères depuis longtemps disparus.

Lundi dernier M. Pelouze a lu à l'Académie des sciences un mémoire contenant l'exposé des recherches qu'il vient de faire sur une nouvelle combinaison de l'eau avec le carbonate de soude; cette combinaison contient 52 pour 100 d'eau et a pour formule : $NaO,CO^2 + 6HO$.

MM. Boivin et Boileau continuent la série de travaux qu'ils ont entrepris sur les propriétés chimiques du sucre. Ces travaux si intéressants pour une des plus grandes industries du nord de la France, celle de la betterave, ont déjà été l'objet de plusieurs communications à l'Académie et d'un rapport de M. Pelouze. MM. Boivin et Boileau envoient une note relative à des combinaisons encore inconnues du sucre avec certaines bases et notamment l'oxyde de plomb.

M. Baillon a lu un travail fort remarquable relatif à certaines espèces d'annelides, et M. Bussy a présenté un mémoire de M. Réveil sur l'application de la dialyse à la recherche des poisons.

Citons enfin un travail présenté par M. H. Sainte-Claire Deville, et relatif à la transformation d'une matière complétement inutile, la naphtaline en un produit qui se vend dans le commerce à un prix assez élevé, l'acide benzoïque. Le procédé employé par l'auteur de ce mémoire est fort simple, et l'acide benzoïque ainsi produit ne possède aucune odeur désagréable, circonstance fort remarquable, car on sait que l'acide benzoïque, extrait du benjoin ou de l'urine des herbivores, se distingue par une odeur fort pénétrante et fort nauséabonde.

ÉMILE ALGLAVE.

---



Digitized by Google

## LA GÉNÉRATION SPONTANÉE.

### CONFÉRENCE DE M. LE DOCTEUR N. JOLY.

**Sur l'hétérogénie.**

Mesdames et Messieurs,

Si je n'avais consulté que ma juste défiance de moi-même, si je n'avais très-volontiers sacrifié de mesquins intérêts d'amour-propre à l'intérêt, toujours sacré pour moi, de la science et de la vérité; si, en un mot, je n'avais pas cru devoir surtout obéir à la voix de ma conscience plutôt qu'aux timides conseils d'une prudence égoïste et vulgaire, j'aurais très-certainement décliné l'honneur que vous me faites en me conviant à vous entretenir sur la question brûlante encore de l'hétérogénie.

Cependant, à votre gracieux appel, mesdames et messieurs, j'ai quitté mon humble et studieuse retraite; j'ai quitté mes livres, ces vrais amis qui ont du baume pour toutes les blessures, des consolations pour toutes les douleurs, et je suis accouru. Et grâce à l'un de ces prodiges auxquels la science moderne nous a en quelque sorte accoutumés, parce qu'elle le renouvelle tous les jours, me voici transporté par la baguette magique de cette fée bienfaisante au milieu d'un auditoire d'élite dont l'accueil bienveillant me rappelle, avec une émotion que je ne puis ni ne veux dissimuler, celui que je recevais l'an dernier dans une autre enceinte, peu éloignée de celle-ci, accueil dont mon cœur a gardé et gardera toujours douce et pieuse souvenance.

Mais comment ferai-je, mesdames et messieurs? Quelles puissances appellerai-je à mon aide pour répondre dignement à cette chaleureuse sympathie qui me va droit à l'âme, et qui s'adresse aussi, j'en suis sûr, à mes chers collaborateurs, et surtout à la cause qu'ils ont si noblement défendue?

Avant tout, messieurs (et ceci, croyez-le bien, n'est pas une phrase banale, une précaution simplement oratoire, mais bien l'expression vraie du profond sentiment de mon insuffisance), avant tout laissez-moi réclamer, car aujourd'hui surtout j'en ai grand besoin, toute votre indulgence et même tout votre appui.

Pourrai-je réellement captiver votre attention, en vous faisant assister à la naissance de quelques moisissures, de quelques animalcules invisibles à l'œil nu? Cette pourriture que j'étalerai à vos regards n'offensera-t-elle pas, mesdames, vos goûts si délicats et si purs?

Après tant de graves questions, tant de graves pensées agitées ici devant vous par l'élite de vos écrivains, de vos artistes, de vos poëtes et de vos ouvriers au cœur chaud et intelligent; à côté des noms fameux de Phidias, de Vercingétorix, de Washington, de Shakspeare, de Béranger, etc., quel intérêt pourront avoir pour vous les noms baroques ou barbares des bactéries, des monades, des kolpodes et des paramécies?

Eh bien! non. Je ne désespère pas d'intéresser vos esprits sérieux à la genèse merveilleuse de ces infiniment petits, qui jouent un rôle si grand dans la nature, et dont l'apparition soudaine et mystérieuse au sein de la matière qui fermente ou se décompose, soulève un problème bien difficile, mais digne à tous égards d'occuper vos pensées. Je ne désespère pas même d'intéresser vos âmes généreuses et compatissantes au sort infortuné de cette pauvre *hétérogénie*, à laquelle un de ses plus fougueux adversaires se vantait, en plein Institut, d'avoir porté le dernier coup; dont un autre antagoniste non moins ardent annonçait triomphalement les funérailles, et qui, paraît-il, n'est pas encore tout à fait morte, à en juger du moins par le nombre, la fréquence et la vivacité des attaques dont elle a été et se trouve encore l'objet.

Écoutez d'abord les épithètes peu flatteuses qu'on a prodiguées à la doctrine que nous venons exposer devant vous : « C'est une monstruosité philosophique », ont dit les uns. « C'est une théorie malsaine, opiniâtre, absurde », se sont écriés les autres. « C'est le produit de l'impiété ignorante; c'est le panthéisme, le matérialisme, l'athéisme incarnés; c'est Belzébuth en personne; c'est la fille du Néant. »

Puis bientôt ils ont ajouté : « Ceux qui la défendent sont des fils du XVIII^e siècle égarés dans le XIX^e; des aveugles qui ont un bandeau sur les yeux; des ignorants que rien ne peut convaincre; des provocateurs de cris séditieux et même des anarchistes. » Je ne médis pas, messieurs, je raconte... Ce n'est pas tout encore : Il y a un mois à peine, un des princes de la science comparait les hétérogénistes à ces sauvages Océaniens qui, voyant des matelots européens jetés chez eux par la tempête, s'imaginaient que ces malheureux naufragés « étaient descendus du ciel, ou nés du sein des eaux, comme les poissons». (Milne Edwards, *Sur la génération dite spontanée*, dans *Annales scientifiques naturelles*, janvier 1865, p. 36.) Ceci est textuel.

Un trait essentiel manque à ce portrait peu flatté. Puisqu'on était en si bonne voie, pourquoi s'arrêter en route, et ne pas ajouter que nous sommes des anthropophages?....

Je ne vous parle pas, mesdames et messieurs, de ce grave magistrat qui naguère, et au sein de l'un de nos parlements les plus justement célèbres, lançait contre l'hétérogénie un foudroyant réquisitoire, et qui, non content de lui jeter à la face les épithètes un peu usées que vous savez, accusait encore la pauvrette de s'être glissée subrepticement dans un petit journal (*l'Étincelle*) rédigé par des jeunes gens pleins d'esprit et de cœur, et d'avoir voulu faire..... devinez quoi, mesdames et messieurs?.... de l'*économie sociale* et même de l'*économie politique!!! Risum teneatis, amici.*

Hâtons-nous de dire, à la louange des juges, qu'ils se sont aisément laissé convaincre par l'éloquence entraînante d'un orateur au caractère et au talent de qui la France entière rend hommage. Grâce à la dialectique écrasante et à la mordante ironie de M. Jules Favre,

Digitized by Google

l'hétérogénie a échappé, pour cette fois encore, à la lourde épée de Damoclès incessamment suspendue sur sa tête.

Triomphe éphémère! il est vrai. Sécurité trompeuse! illusion étrange! Car, au moment même où, attirée par vos généreuses sympathies, l'hétérogénie accourait vers vous, le front rayonnant d'une joie naïve et presque confiante, voilà qu'un nouveau coup vient la frapper. Au moment même où, pour la troisième fois, elle posait sur le sol de Paris son pied meurtri par les ronces et les épines du chemin, une éclatante condamnation vient l'atteindre jusque dans ce temple de l'honneur, de la justice et de la fraternité, dans ce sanctuaire inaccessible à toutes les passions, à tous les fanatismes, hormis la passion du vrai et le fanatisme de l'humanité (la salle du Grand-Orient). Mais aussi, l'imprudente! pourquoi a-t-elle fermé l'oreille aux avis prophétiques de Cassandre, lorsque Cassandre lui disait par la bouche d'un critique bien informé lui-même, et se vantant de l'être :

« A l'Académie des sciences (c'est ce monsieur qui parle), à l'Académie des sciences, l'indépendance scientifique n'est pas du tout en crédit. Il y a plus, mais ceci on se le répète tout bas, il m'a été affirmé, et je tiens de bonne source, qu'en ce qui tient à la vérité scientifique, on était parfaitement décidé à se montrer plus intolérant que ne pourrait l'être, en matière de foi, le grand Inquisiteur lui-même... Que les demi-savants se le disent! »

Est-ce clair? Et pourtant, ma cliente paraît n'y avoir rien compris.

L'Académie, je le sais, n'est pas responsable des paroles et des intentions que lui prêtent d'imprudents amis; mais il est fâcheux pour elle que ces amis se croient autorisés à lui attribuer un pareil langage et de pareilles intentions. Mieux vaudrait cent fois un sage ennemi.

Quant à nous, messieurs, qui ne pouvons nous y méprendre, nous nous rangeons très-volontiers dans la classe des *demi-savants*, si par ce mot il faut entendre ceux qui sont restés constamment fidèles à leurs convictions et à leurs amitiés, ceux qui n'ont pas apostasié, tandis qu'il faut réserver le nom de savant complet... Ici, messieurs, je me tais, et je vous renvoie à la définition qu'en a donnée M. Victor Meunier (*La science et les savants en* 1864).

Nous sommes des *demi-savants*, si ce mot peut servir à désigner de simples chercheurs de la vérité, passionnés pour son culte, et prêts à tout sacrifier pour la défendre. Nous sommes des *demi-savants*, si cette dénomination peut s'appliquer à d'humbles travailleurs de province, occupés sans relâche à défricher une petite portion du vaste domaine scientifique, et demandant pour toute faveur, pour unique récompense, cette place inaliénable que tout homme venant en ce monde, et convaincu de la dignité du nom qu'il porte, *vit*, revendique au soleil de la *liberté de conscience* et de la *liberté d'examen*.

A ces titres divers, nous sommes des demi-savants. Que nos détracteurs se le disent!...

Mais restons calmes, et prouvons-leur

« Que s'il est beau de pardonner l'injure,
» Il est encor plus beau de l'oublier. »

Pénétrés de cette maxime du paria, du barde indien Tirou le Vallonvar, nous ne vous rappellerons pas les tristes incidents qui se sont produits, soit à l'époque où la question des générations spontanées fut mise au concours par l'Institut, soit au moment où, venus à Paris pour mettre fin, s'il était possible, à des débats qui menaçaient de s'éterniser, nous nous vîmes dans la pénible nécessité de renoncer à convaincre des adversaires que nous avions acceptés pour juges, et de protester énergiquement contre un déni de justice dont on se défend mal aujourd'hui, mais que déjà l'opinion publique et le monde savant tout entier ont sévèrement apprécié.

On vous a dit, messieurs, et la commission de l'Institut vient de vous répéter encore, que nous avons fui la lumière. L'impartiale histoire attestera si ce sont nos juges, ou si c'est nous qui l'avons mise sous le boisseau. Déjà même elle a scrupuleusement recueilli tous les détails relatifs à ce grand débat scientifique, dans lequel nous avons joué, mes collaborateurs et moi, un rôle bien modeste, j'en conviens, mais aussi, notre conscience nous rend ce témoignage, un rôle plein de franchise, de loyauté, de noble indépendance.

Du reste, il y a peu de jours, un de nos publicistes les plus distingués, qui est en même temps un de nos savants les plus honnêtes, faisait le récit animé de nos misères dans un livre petit par le format, mais riche de faits, d'idées, d'esprit et d'enseignements de plus d'un genre. Ce livre porte sur son frontispice : « *La science et les savants en* 1864. » Lisez-le, si déjà vous ne l'avez lu, et vous serez complétement édifiés sur les étranges procédés que je passe à dessein sous silence.

Et maintenant, messieurs, que nous allons remettre sous vos yeux les pièces principales de ce procès, j'allais dire de cette lutte si fortement inégale, laissez-moi vous exprimer un vœu qui part du fond de mon âme, laissez-moi m'écrier avec le paysan du Danube :

« Veuillent les immortels, conducteurs de ma langue,
» Que je ne dise rien qui doive être repris;
» Car je n'ai qu'un seul but, convaincre vos esprits. »

### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'HÉTÉROGÉNIE.

On l'a dit avec raison : L'erreur est la seule chose qui, en vieillissant, n'acquiert pas des droits à notre estime et encore moins à notre vénération. Aussi répudions-nous sans hésiter les croyances de nos pères, et surtout celles des anciens, en ce qui concerne la génération spontanée, telle qu'ils la concevaient.

Pour eux, les êtres les plus variés, même ceux qui oc-

Digitized by Google

cupent les degrés les plus élevés de l'échelle animale ou végétale, pouvaient naître de la rencontre fortuite des éléments, du limon des fleuves, de la chair vivante ou putréfiée, de la rosée même.

Mais, peu nous importe aujourd'hui qu'Aristote ait cru que les anguilles naissaient de toutes pièces au sein des marécages; qu'Ovide ait attribué la même origine aux vertes grenouilles :

« Semina limus habet virides generantia ranas. »

Peu nous importe que le chantre harmonieux de Didon et d'Eurydice fasse provenir les abeilles industrieuses des flancs corrompus d'un taureau, tandis que Pline le naturaliste, ou plutôt le Perrault de l'histoire naturelle, nous dit sérieusement que tous les insectes sont formés par la poussière des cavernes.

Que nous font les recettes merveilleuses au moyen desquelles le jésuite Kircher et le chimiste Van Helmont, se vantaient de donner l'être, l'un à de hideux serpents, l'autre à ces souris mignonnes qu'un célèbre professeur ressuscitait fort à propos, l'an dernier, pour les faire trottiner sous les yeux de son auditoire.

Est-ce à nous qu'il faut s'en prendre si Michaël Majerus et Scaliger ont soutenu que la *marguerolle* ou *macreuse* (espèce de canard commun sur nos côtes) provient du bois pourri des vieux navires, ou des *feuilles* tombées dans la mer; tandis que l'abbé de Valmont fait d'incroyables efforts de logique et d'érudition pour nous prouver, au contraire, que la macreuse, ce prétendu oiseau-végétal de Majerus, naît et se développe au sein de la *coquille anatifère* (*Lepas anatifera*); qu'elle a réellement le sang froid, comme les poissons, et qu'à ce titre elle mérite le privilége, qu'elle possède encore, de figurer à titre d'aliment *maigre* sur la table plus ou moins frugale de nos nombreux convives.

Quoi qu'il en soit de cet oiseau-poisson, qui ressemble beaucoup à un *canard*, nous aimons à penser que nos ennemis eux-mêmes, si nous en avons, ne nous feront pas l'injure de croire, et encore moins de dire que nous ajoutons foi à de pareilles absurdités.

Non! mille fois non! l'hétérogénie, telle que nous la concevons, n'a rien de commun avec cette prétendue *génération spontanée*, dont nous venons de vous citer quelques exemples. Non, rien ne se crée de *soi* ou pour *soi;* non, rien ne vient de rien; tout effet a sa cause, et c'est à tort que l'on a quelquefois prêté aux hétérogénistes l'idée ridicule d'un être s'engendrant soi-même, ou naissant de toutes pièces dans son milieu privé de substance organique.

A nos yeux, l'*hétérogénie* consiste dans la production d'un être nouveau, dénué de parents, et dont les éléments primordiaux sont tirés de la matière organique ambiante.

Ce n'est pas une *création* nouvelle, ceci soit dit une fois pour toutes. C'est un mode spécial de reproduction pour les organismes les plus inférieurs, et voilà tout. Jamais nous n'avons dit ni pensé, comme on l'a fait croire à quelques âmes dévotes et timides, que la *spontéparité* fût la loi générale de la vie, et que cette loi s'appliquât au lion, à l'éléphant, à l'homme lui-même, comme à l'animalcule dont la petitesse échappe à nos regards.

Si nous avions émis une idée si absurde, nous serions les premiers à reconnaître que notre doctrine est digne des épithètes, pourtant peu charitables, dont la gratifiait naguère encore un prélat illustre (Monseigneur Dupanloup), qui n'avait pas même en cela le petit mérite de l'initiative.

Encore une fois, nous n'allons pas si loin. Nous épions la vie dans ses commencements les plus obscurs, chez les organismes les plus simples; en un mot, chez les êtres que les savants désignent sous les noms de *microphytes* et de *microzoaires*. Et nous sommes convaincus que si nous parvenons à établir pour eux, d'*une manière incontestable*, la naissance par voie *hétérogène*, notre thèse sera tout aussi solidement prouvée que si ce mode, aujourd'hui très-restreint, était immensément plus étendu, comme il a pu et dû l'être à l'aurore de la création.

Mais j'entends d'ici vos objections : elles se présentent d'elles-mêmes à la pensée.

Vous me dites, avec tous nos adversaires : « Si les lois physiologiques ont réellement la généralité que les esprits philosophiques sont disposés à leur attribuer, nous devons penser qu'il en sera de même pour tout ce qui vit; que tous les animaux, ainsi que toutes les plantes, doivent être les descendants d'autres animaux et d'autres plantes, et que leur multiplication à la surface de notre globe est toujours une conséquence de la faculté génératrice, dont les individus préexistants de leur espèce sont doués. » (Milne Edwards, *Sur la génération dite spontanée*, dans *Ann. sciences nat.*, 5e série, t. III, p. 11, janv. 1865.)

Nous ne nions pas que telle ne soit en effet la loi *générale*, mais nous prétendons que cette loi n'est pas *universelle* et qu'elle souffre des exceptions.

L'hétérogénie en est une, et des plus remarquables. Afin de la faire mieux comprendre, entrons dans quelques détails relatifs à la reproduction considérée dans son ensemble.

Que faut-il, *en général*, pour la formation d'un être nouveau, d'un homme ou d'une baleine, d'un oiseau ou d'un insecte, d'un ver de terre ou d'un colimaçon ?

Il faut un *œuf*, c'est-à-dire un amas de molécules ou cellules organiques qui, en vertu d'une sorte d'*attraction vitale*, se réunissent, s'agglomèrent de manière à constituer un *germe* pourvu d'une quantité plus ou moins grande de nourriture (le *jaune*) et entouré d'un plus ou moins grand nombre d'enveloppes protectrices. Chez les femelles de mammifères, chez la femme surtout, l'œuf est très-petit, moins complet que celui de l'oiseau, et renferme très-peu de substance nutritive. Aussi, par une de ces harmonies admirables que l'on rencontre à chaque pas dans la nature, cet œuf, après avoir reçu

Digitized by Google

le baptême fécondateur, se greffe à la mère, se nourrit de son sang, se développe, vient au monde au moment fixé d'avance, se suspend aux mamelles de la mère qui l'a couvé avec une inquiète tendresse, et qui dès lors peut le serrer de plus près sur son cœur.

L'*oviparité*, telle est la loi unique à laquelle obéissent, pour se reproduire, les animaux supérieurs, et notamment les vertébrés. Mais chez les organismes placés plus bas dans la série, cette loi se modifie; et, pour atteindre le même but, à savoir, la perpétuité des espèces, la nature a recours à des modes divers, ainsi qu'elle le fait pour toutes les autres fonctions.

Chez les *abeilles*, par exemple, chez les *papillons du ver à soie*, chez les *kermès du pin*, l'œuf, partie vivante détachée du corps de la mère qui l'a pondu, peut se développer indépendamment de toute fécondation. La femelle enfante, quoique vierge. C'est la *parthénogenèse*, ou génération par des vierges. Les *pucerons*, ces *vaches à lait* des fourmis, comme les appelle l'ingénieux Huber, sont encore plus favorisés. Car, à la suite d'un seul rapprochement sexuel, une femelle quelconque peut être la souche féconde de douze générations d'individus de même sexe qu'elle, et qui, sans avoir connu l'amour, en auront tous les bénéfices, jusqu'à ce que l'automne, mettant un terme à ce rare privilége, les mâles apparaîtront pour féconder les dernières femelles, et dès lors celles-ci pondront des œufs destinés à passer l'hiver et à éclore quand le printemps reviendra. Enfin, chez les *kermès* ou *cochenilles du pin*, d'après le professeur Leuckart, la femelle pourrait absolument se passer du mâle pour perpétuer son espèce. Aussi le mâle n'existe pas, ou du moins, jusqu'à présent, il reste à l'état de *mythe* ou de mystère.

Ce mode de génération était complétement inconnu il n'y a pas vingt ans, et si quelqu'un alors fût venu nous dire : « Dans le *règne animal*, comme dans le *règne végétal*, une vierge est quelquefois normalement féconde », il y a mille à parier contre un que nous aurions écouté le conteur avec un sourire d'ironie et d'incrédulité. Mais voici quelque chose de plus incroyable encore.

Il existe au sein des mers des animaux gélatineux, transparents comme du cristal, semblables, quant aux formes extérieures, à un champignon dont la partie convexe, ou le chapeau, porte sur ses bords une garniture de franges d'une élégance et d'une délicatesse indescriptibles. On les appelle *méduses*, à cause de leurs nombreux filaments entrelacés à la manière des serpents qui formaient la chevelure de l'une des Gorgones; *orties* de mer, à cause de la singulière propriété qu'elles possèdent de causer à la main imprudente qui veut les saisir une sensation de brûlure analogue à celle déterminée par le contact des orties. Eh bien, ces méduses, une fois fécondées, pondent des œufs revêtus de cils filiformes, doués d'un mouvement vibratile très-prononcé, au moyen desquels ils nagent librement au sein du liquide où ils doivent croître et se développer.

Au bout d'un certain temps, ces œufs se fixent sur un rocher quelconque. De leur base élargie partent des *stolons* ou jets, analogues à ceux de nos fraisiers; des bourgeons naissent à leur surface; des espèces de bras, ou tentacules, apparaissent à leur extrémité libre; puis le nouvel être, ainsi transformé et devenu multiple, de simple qu'il était, se divise en une série d'individus privés de sexe, comme empilés les uns sur les autres, différents de leur mère et de l'ascendant immédiat qui les a produits; puis ils se séparent, voguent dans l'eau sous cette forme nouvelle, acquièrent les attributs du sexe et reproduisent la forme type.

On a donné à ce mode de génération le nom de *générogenèse*, ou *génération alternante*, dénomination qui indique les *cycles* plus ou moins nombreux d'individus dissemblables, qui se succèdent dans un ordre d'alternance parfaitement déterminé pour chaque espèce.

Il est un autre mode de reproduction qui rappelle encore mieux ce qui se passe chez la plupart des végétaux. C'est le mode *gemmipare* ou par bourgeons, tantôt *fixes*, tantôt *caducs*, dont les méduses, sous leur deuxième état, nous ont déjà offert un curieux exemple. Ce mode s'observe chez les POLYPES (*gorgone*, *corail*); ces animaux, ou plutôt ces bizarres associations d'animaux, dont le nom, tiré du grec (ZOOPHYTES, ou *animaux-plantes*), rappelle la nature équivoque et, pour ainsi dire, flottante entre les deux règnes organiques. De même qu'il est des plantes qui se reproduisent par *bouture*, il est des animaux qui perpétuent leur espèce en se divisant eux-mêmes dans un sens transversal ou longitudinal, de telle sorte que le fils est la moitié du père, le quart de l'aïeul, le huitième du bisaïeul, le seizième du trisaïeul, et ainsi de suite, jusqu'à l'infini. Ce mode de reproduction, plus rare pourtant qu'on ne l'a dit, porte le nom de *scissiparité*. Quelques infusoires nous en offrent l'exemple.

Enfin l'*hydre*, ou *polype d'eau douce*, petit animal que l'on trouve communément sous les lentilles d'eau, qui forment comme un tapis de velours vert à la surface des eaux stagnantes, l'hydre peut être non-seulement retourné à la manière d'un doigt de gant, sans pour cela cesser de vivre et de digérer, mais encore, les expériences de Trembley l'ont prouvé, elle peut être divisée en fragments nombreux, dont chacun devient un nouveau polype semblable à celui dont il faisait partie avant l'expérience. Eh bien! d'après les observations récentes de Jæger, ce même polype, parvenu au terme naturel de son existence, se désagrégerait par *dialyse*, c'est-à-dire que ses éléments constitutifs, les cellules, se sépareraient les uns des autres, pour vivre pendant des mois entiers d'une vie isolée, indépendante et active.

Voilà donc un être qui meurt, et tous les éléments se décomposent, ou du moins se dissocient. Mais ces éléments eux-mêmes ne meurent pas : ils conservent pendant longtemps leurs propriétés vitales, et même, s'il faut en croire Jæger, leur faculté reproductrice.

Véritable *nécrogénie* (mot nouveau emprunté à M. Milne

Digitized by Google

Edwards) où ce que nous appelons la mort engendrerait la vie.

De cette *dialyse*, de cette *nécrogénie* à la formation d'organismes très-inférieurs (tels que *bactéries*, *vibrions*, *monades*, *penicillium*), au moyen des molécules dont le merveilleux assemblage constitue les autres corps organisés, il n'y a vraiment qu'un pas à franchir, et nous le franchissons.

C'est là, mesdames et messieurs, que gît notre hardiesse, peut-être même notre témérité. Essayons de la justifier à vos yeux, en entrant à cet égard dans quelques brèves considérations.

Qu'est-ce que la vie? qu'est-ce que la mort? Les moralistes ont dit : « *La vie est un combat.* » Et je m'en aperçois. Au point de vue de la physiologie, tout savant de bonne foi vous avouera franchement qu'il n'en sait rien. Certains chimistes, paraît-il, sont moins embarrassés pour trancher une question qui a occupé, sans être résolue, la vie entière d'Hippocrate, de Barthez, de notre vénéré maître le professeur Lordat, et même le génie précoce et si prématurément éteint de votre grand Bichat. Pour les chimistes dont je parle, « ce que nous appelons la *vie*, c'est le passage, la fixation à l'état solide ou liquide du principe gazeux de l'atmosphère; ce que nous appelons la *mort*, c'est le retour à l'atmosphère des principes gazeux momentanément unis sous forme liquide ou solide dans le corps organisé ».

Ces définitions, que j'emprunte à la dernière conférence de M. Pasteur, satisferont peut-être un chimiste peu habitué à étudier les phénomènes du monde vivant; mais elles ne satisferont certainement pas les physiologistes qui ont longtemps et scrupuleusement médité sur ces phénomènes si complexes, dont l'ensemble constitue la vie et ses fonctions multiples.

A notre avis, ce que l'on peut avancer de plus *probable* (notez que je ne dis pas de plus *certain*) à cet égard, c'est que la *vie* est une *activité* propre, spéciale aux corps organisés. Cette activité paraît dépendre d'une *force* essentiellement distincte du principe intelligent, entièrement inconnue dans son essence, mais parfaitement appréciable dans ses effets.

Comme l'électricité, comme la chaleur, comme l'attraction universelle, la *force vitale* semble être une propriété attribuée primitivement à la matière organique par Celui-là même qui l'a créée, propriété imprescriptible, inaliénable, indestructible, même à la mort de l'être organisé.

Car, ainsi que le dit très-bien M. Pasteur, avec qui nous sommes cette fois complétement d'accord, « dans toute la rigueur du mot, la nature ne connaît pas la mort; pour elle, la vie et la mort ne sont que des changements d'état. » (*Conférence à la Sorbonne*, vendredi 3 février, *Revue de l'instruction publique*, 16 février 1865.)

Cette force ne se manifeste clairement à nos sens que sous l'influence de certaines conditions, dont plusieurs nous sont connues depuis longtemps (*air*, *chaleur*, etc.), tandis que d'autres ont échappé jusqu'à présent à toutes nos investigations.

Quelquefois elle est, pour ainsi dire, à l'état latent, comme dans ces graines desséchées depuis des siècles que l'on retrouve dans les tombeaux des rois d'Égypte (*blé des momies*), et pouvant néanmoins germer encore; comme les *rotifères*, ces prétendus animaux *ressuscitants*, si bien étudiés par M. Pouchet et par M. G. Pennetier, son digne élève; comme ces crapauds congelés, puis ranimés à l'aide d'une douce chaleur par notre tant regretté maître et respectable ami M. Is. Geoffroy Saint-Hilaire; comme ces *chenilles processionnaires du pin*, que j'avais moi-même soumises à un froid de 18 degrés sous zéro, et qui, lentement approchées du foyer, reprirent la vie et leurs mouvements accoutumés.

Évidemment, chez ces animaux réduits à l'état de glaçons, à tel point qu'ils rebondissaient comme des billes d'ivoire sur la table de marbre où je les laissais tomber, la vie existait seulement *en puissance*, mais elle n'existait plus *en acte*. A peu près comme l'électricité existe *virtuellement* dans tout conducteur métallique, mais ne se manifeste à nous que lorsque ce conducteur est placé dans certaines conditions, aujourd'hui mieux déterminées par le physicien que ne le sont, par le physiologiste, les conditions vitales.

A côté de ces êtres à vitalité dormante (*dormant vitality*), comme disent les Anglais, ne pourrait-on pas placer les corps que M. Fremy appelle *hémi-organisés* (*albumine*, *fibrine*, *caséine*), dont il compare l'état à celui d'une graine sèche, et qui, d'après ce savant *chimiste*, n'attendent plus que l'*entraînement organique*, que l'*ébranlement vital* pour participer à la vie de l'ensemble dont ils feront désormais partie?

Mais dans la production des ferments, dans la putréfaction, d'où vient l'ébranlement vital? Et M. Fremy ne fait-il pas à son insu, sans le vouloir (car il nous a déclaré franchement n'être pas hétérogéniste), un pas considérable vers l'hétérogénie? C'est une simple question que nous soumettons très-humblement au noble et savant professeur.

Quelque merveilleux que soit son pouvoir, je ne crois pas que la chimie parvienne jamais à créer de toutes pièces le plus chétif insecte, un ciron, par exemple, et même une bactérie. Et cependant une synthèse habile a déjà reproduit non-seulement certains principes immédiats de l'organisme, tels que la *glycose*, l'*acide oxalique*, l'*urée*, mais encore la *fibrine* (élément des muscles), et la *chondrine* (élément de nos cartilages), que l'on disait ne pouvoir se former que sous l'influence de la vie en activité. Si donc, avec les seules forces dont elle dispose, la chimie moderne a réalisé ce prodige, naguère encore réputé impossible, qui de nous oserait dire à la Nature, opérant dans son vaste, puissant et mystérieux laboratoire : « Tu iras jusque-là, tu n'iras pas plus loin? »

D'ailleurs voyez, mesdames et messieurs, comme elle se joue de nos théories, en apparence les plus raison-

Digitized by Google

nables, les plus solidement établies, et que d'énigmes elle nous propose à chaque instant !

Dans une thèse soutenue, en 1863, devant la Faculté des sciences de Paris, thèse remarquable et justement remarquée, M. Paul Bert a rapporté de nombreux exemples de greffes animales, c'est-à-dire de parties qui avaient été séparées du corps vivant depuis plusieurs heures, depuis un jour même, et qui avaient repris leurs fonctions habituelles après avoir été remises en place.

Il cite, d'après le docteur Magitot et d'après John Hunter, des dents violemment arrachées, puis replacées dans leurs propres alvéoles ou dans les alvéoles d'une bouche étrangère, et reprenant, avec leurs connexions vasculaires, la vie et les usages auxquels les a destinées la Nature.

L'auteur de la thèse précédemment citée a introduit sous la peau d'un rat la patte d'un autre rat amputée depuis vingt-deux heures, et il a vu cette patte grandir, achever son ossification, régénérer ses nerfs détruits. Du reste, avant M. Paul Bert, qui paraît avoir ignoré ces curieuses expériences, le professeur Mantegazza, l'une des gloires de l'université de Pavie, avait réussi à transporter les organes mâles d'une grenouille sous la peau de l'abdomen d'une grenouille femelle, et il avait constaté que, après avoir perforé les muscles abdominaux, ces organes étaient venus se greffer par une sorte d'attraction sympathique et mystérieuse, sur les organes du sexe opposé (ovaires). Notez toutefois que cette bizarre expérience n'était suivie d'une réussite complète qu'à l'époque des amours.

Enfin, le docteur Carlizzi a vu un bout de nez par lui remis en place, cinq heures et demie après avoir été coupé, se réunir au reste de l'organe et vivre de sa vie.

Plus habile encore que Carlizzi, Gaspard Tagliacozzo, de Bologne, avait, avant lui, réparé une multitude de nez mutilés ou malades, en empruntant, pour les restaurer, un lambeau charnu à une partie du corps qu'il est difficile de nommer devant des dames, à moins d'être Voltaire, et il avait pratiqué cette *rhinoplastie* avec tant de succès, que ses compatriotes lui élevèrent une statue tenant un nez dans sa main.

Les merveilles dont je viens d'avoir l'honneur de vous entretenir sont-elles beaucoup plus faciles à expliquer que la naissance d'un infusoire au sein de la matière organique en décomposition?

Qu'est devenue la vie dans une partie séparée du corps depuis vingt-quatre heures? Comment, sous quelles influences reprend-elle ensuite ses fonctions? Peut-elle se transmettre deux fois à un seul et même organe? Mystère, messieurs, insondable mystère !

J'aborde maintenant la partie expérimentale de mon sujet.

### PARTIE EXPÉRIMENTALE.

Afin de ne pas porter la confusion dans vos esprits, je me bornerai à un petit nombre d'expériences, que je choisirai parmi celles qui me sembleront les plus concluantes.

Mantegazza prit un tube aplati, à parois très-minces et fermé à l'une de ses extrémités; puis il y introduisit de l'eau distillée, un fragment de tissu cellulaire végétal, un peu d'air; enfin, après l'avoir fermé à son autre extrémité, il le plaça sous le microscope horizontal de Chevalier, et appliqua l'œil à l'instrument, grossissant 400 fois environ. Au bout de deux heures, il vit les amas granuleux contenus dans les cellules du tissu végétal présenter sur leurs bords de très-petites excroissances d'une transparence parfaite. C'étaient des *Bacterium termo* encore immobiles. Deux ou trois heures après, ces animalcules commencèrent à osciller à la manière d'un pendule, puis ils quittèrent en grand nombre l'amas granuleux où ils avaient pris naissance, et s'élancèrent comme un trait au sein du liquide. Dix heures après le commencement de l'expérience, les cellules végétales et le liquide devinrent troubles par suite du nombre immense de bactéries qui s'y étaient développées.

« L'observation dura seize heures, et pendant tout ce temps, nous dit Mantegazza, je ne me levai pas de mon siége, je ne quittai pas le champ du microscope, regardant tantôt avec un œil, tantôt avec l'autre, puis les fermant tous deux pendant environ une demi-minute, dans le but de les reposer. J'aurais eu, ajoute-t-il, le vif désir de continuer l'observation, mais la nature fut plus forte que ma volonté ; mes yeux commencèrent à se remplir de larmes et à ne plus voir distinctement le champ du microscope: je dus me lever, brisé de fatigue, mais enchanté d'avoir surpris la vie à son berceau. »

Du reste, il n'est pas nécessaire de se fatiguer les yeux, seize heures durant, comme l'a fait le professeur Mantegazza. Il suffit de placer entre deux lames de verre un peu d'eau dans laquelle aura macéré de la viande, à garnir les bords des lamelles avec de la cire ou de la laque pour empêcher le liquide de s'écouler, et si la température est suffisamment élevée, au bout de quelques heures vous verrez apparaître tout à coup au sein du liquide, d'abord parfaitement transparent, des bactéries entièrement formées, une vraie cristallisation bactériforme, *una vera cristallizzazione bacteriforme*. (Mantegazza).

Mais, disent nos adversaires, avec le liquide employé vous avez introduit des germes, c'est-à-dire des œufs ou des spores, qui ont produit les infusoires par vous observés. Ces germes flottent dans l'air; il y en a dans nos appartements, dans nos laboratoires, au sein des villes, et vous ne pouvez les éviter.

Nous pourrions répondre que nous avons vainement cherché ces germes maudits, que M. Pasteur prétend avoir montrés à tout Paris, mais qu'il n'a pas pu ou pas voulu nous montrer, ni à mes collaborateurs, ni à moi, bien que nous fussions venus tout exprès dans la capitale

Digitized by Google

pour nous édifier complétement sur ce point très-essentiel de la question.

Comme lui, pourtant, nous avons scruté l'atmosphère avec le plus grand soin, non-seulement dans la plaine, mais encore sur les sommets glacés de la Maladetta. Nous avons étudié la neige au moment de sa chute en hiver, la grêle au milieu de l'été, sans y voir rien d'organisé. M. Pouchet, à l'aide d'un instrument ingénieux, dont il est l'inventeur, a recueilli la poussière de l'air, soit au sein de nos villes populeuses, au milieu des mers, sur les flancs de l'Etna, sur les Pyrénées, dans les tombeaux des pharaons, et jusque dans nos salles de spectacle. Il a scrupuleusement examiné les voies respiratoires des oiseaux et de l'homme lui-même, et il n'a pu découvrir que très-rarement et en très-petit nombre des corpuscules organisés, assimilables à des œufs de microzoaires ou à des spores de microphytes.

Des parcelles charbonneuses portées dans l'air par la fumée de nos foyers ; des grains de fécule provenant de nos moulins ou de nos boulangeries (et que, soit dit en passant, certains observateurs ont pris pour des œufs d'infusoires), des brins de laine ou de soie arrachés à nos vêtements, de légers débris d'origine animale ou végétale, des particules plus ou moins anguleuses ou plus ou moins arrondies de silice ou de calcaire, quelquefois des parcelles de la poudre ou du fard qui sert à donner plus d'éclat aux charmes de la beauté : voilà ce qu'on trouve communément dans l'air de nos cités, dans la poussière, soit en mouvement, soit en repos, de nos appartements.

Le nombre des œufs ou des spores qu'on y rencontre est infiniment trop restreint pour nous rendre un compte satisfaisant de la prodigieuse fécondité de nos macérations. Vous en jugerez par l'expérience que voici :

Un demi-centimètre cube d'une décoction de farine de froment est versé dans un tube de 7 millimètres de diamètre; on y laisse un demi-centimètre cube d'air, on ferme le tube avec un bouchon, et l'on introduit ce petit appareil dans un tube plus grand, que l'on remplit de stéarine chauffée à une très-haute température. Quelques jours après, les bactéries naissent dans le petit tube. L'adversaire le plus acharné de l'hétérogénie dira-t-il qu'un demi-centimètre cube d'air contient cent, et même deux cents œufs de bactéries : je l'accorde, s'il le veut. Mais la décoction employée contient des millions et des millions d'animalcules, qui tous sont apparus presque en même temps.

Autre expérience :

Dans un tube en U fermé à ses deux extrémités, mais percé au milieu de sa courbure d'un trou par lequel on peut introduire la substance putrescible, on met dans l'une des branches une décoction de farine; dans l'autre, de l'eau et un petit morceau de viande. Un ou 2 centimètres cubes d'air sont laissés dans l'appareil, puis on le ferme à l'aide d'un bouchon ou d'un obturateur quelconque.

Trois semaines après, la décoction présente le *Penicillium glaucum* dans toute la pompe de sa végétation et tout chargé de spores. L'infusion de viande offre des bactéries, mortes pour la plupart, ainsi que des vibrions qui s'agitent avec une grande vivacité.

Ou je me trompe fort, s'écrie Mantegazza, ou cette expérience est éloquente. Deux liquides différents, séparés l'un de l'autre par un très-faible intervalle, baignés par une très-faible quantité d'air (1 ou 2 centimètres), nous donnent un monde végétal et un monde animal qui vivent en bons voisins sans se mêler, sans se confondre, et vous viendrez me dire que cette bulle d'air contenait les sporules du *Penicillium* et les œufs des bactéries ou des vibrions!

Mais si, au lieu de mettre nos macérations en contact avec de l'air ordinaire, nous nous servons, pour nos expériences, de l'air renfermé dans la vessie natatoire des poissons, dans les gousses du baguenaudier, et même dans la cavité d'une citrouille; certes, dans ce dernier cas surtout, on ne pourra pas dire que l'air n'a pas été filtré aussi bien que possible, en traversant les parois de la citrouille, épaisses de plus d'un décimètre, supposé toutefois que ce fluide provienne de l'atmosphère extérieure, ce que nieraient les botanistes.

Eh bien, même dans ce cas, c'est-à-dire en allant puiser dans les flancs d'une citrouille l'air destiné à être mis en contact avec une macération de viande longtemps bouillie, nous avons obtenu des bactéries, que nous avons fait voir à plusieurs de nos confrères témoins de nos expériences.

Si les germes sont dans l'air, la levûre de bière, qui est une spore et non un végétal complet, doit s'y trouver comme tous les autres. Or, c'est en vain que nous avons cherché de la levûre de bière dans l'air des brasseries. Admettons toutefois qu'il en contienne. Mais en renferme-t-il assez pour nous rendre compte d'un résultat tel que celui que M. Pouchet a obtenu, que nous avons obtenu nous-même en répétant l'expérience qui suit :

Un litre de moût de bière sortant de la cuve après une ébullition de cinq heures est introduit dans un flacon de 2 litres de contenance. On y laisse un litre d'air, et l'on met le bouchon, auquel est adapté un tube laveur ayant ses boules remplies d'acide sulfurique. Ce tube a pour but d'isoler de l'atmosphère ambiante l'intérieur de l'appareil.

Au bout de quelques jours, la fermentation s'établit, et bientôt 10 à 15 grammes de levûre se sont formés au fond du vase.

Dira-t-on que la totalité et même une partie des spores qui constituent cette levûre étaient suspendues dans le décimètre cube d'air que renfermait le flacon? Mais si ces mêmes spores sont aussi abondantes, pourquoi donc les chimistes ne nous en ont-ils pas révélé la présence dans les analyses qu'ils ont faites de l'air qui nous entoure? Pourquoi les micrographes ne les ont-

Digitized by Google

ils pas non plus signalées? Où étaient ces spores, et que faisaient-elles avant que la bière fût inventée?

Enfin, même en admettant la réalité de ces germes pour nous si problématiques, comment les panspermistes pourront-ils expliquer la diversité des phénomènes biologiques, et même chimiques, qui se produisent sous les yeux de l'observateur, quand il expose un même corps putrescible (une macération de grenouilles, par exemple) à l'air libre et à la lumière diffuse, ou bien à l'obscurité presque complète dans un air limité?

Dans ce dernier cas on ne voit apparaître que les végétaux les plus inférieurs et les infusoires les plus simples. Dans le premier cas, la forme est beaucoup plus compliquée, puisqu'elle se compose non-seulement de bactéries, de vibrions et de monades, mais encore des infusoires ciliés (Kolpodes, Kérones, etc.). Notez que pendant tout le temps que durait l'examen microscopique des deux macérations, les vases qui les contenaient se trouvaient exposés tous deux à l'air libre et à la lumière diffuse, et que cet examen fut répété une quarantaine de fois pendant l'expérience qui, elle-même, dura pendant dix-sept mois entiers, au rapport de Mantegazza, son auteur. Ainsi donc les germes, si germes il y a, pouvaient tomber à leur aise dans l'un ou l'autre vase. Pourquoi donc la vie était-elle si développée dans l'un, si chétive dans l'autre?

Ceci nous remet tout naturellement en mémoire une ingénieuse expérience de notre excellent ami M. Pouchet.

Je me souviens aussi de la vive impression qu'elle produisit, au mois de juin dernier, sur l'auditoire réuni ce jour-là dans le grand amphithéâtre de la Faculté de médecine de Paris. Permettez-moi de vous la décrire encore.

M. Pouchet prend une éprouvette et la remplit d'une macération filtrée, qu'il sait propre à engendrer des microzoaires ciliés. Une quantité égale de cette même macération est versée dans une large cuvette de cristal à fond plat. Le premier vase est placé au milieu du second, qui lui-même est reçu dans un troisième, en partie rempli d'eau. Le tout est recouvert d'une cloche de verre plongeant dans cette eau, afin de modérer l'évaporation.

Au bout de quatre à cinq jours, par une température de 20 degrés, en moyenne, l'éprouvette se trouve remplie de microzoaires ciliés; la cuvette qui les contient n'en présente pas un seul.

« Si les œufs tombaient de l'atmosphère, comme le prétendent les panspermistes, nous dit M. Pouchet, il n'y aurait pas de raison au monde qui pût empêcher qu'il n'en tombât aussi bien dans la cuvette que dans l'éprouvette; la première, c'est-à-dire la cuvette, en devrait même recevoir d'autant plus qu'elle offre une bien plus vaste surface que la seconde. Or, la cuvette n'en présente pas un seul. On peut, en renversant l'expérience, c'est-à-dire en mettant beaucoup de liquide dans la cuvette, et très-peu, au contraire, dans l'éprouvette, avoir des résultats tout à fait opposés. »

Le mode de production des infusoires ciliés (Kolpodes, Paramécies), au moyen des *œufs spontanés* se formant au sein d'une pellicule que M. Pouchet nomme proligère (1), a été vivement combattu par un savant dont le nom est une autorité en tout ce qui touche à l'*embryogénie comparée*. Les objections de M. Coste ne sont pas sans valeur, et surtout elles ne sont pas nouvelles.

M. Pouchet y a répondu par des faits. Nous transcrivons ici la *note* que, sur notre demande, il a bien voulu rédiger, en attendant que nous puissions nous-même répéter de nouveau ses expériences, comparativement à celles de son illustre antagoniste.

*Note de M. Pouchet.*

« J'ai dû peser et réfuter attentivement les objections de M. Coste, parce qu'elles provenaient d'un savant qui possède tous les titres pour s'immiscer dans un semblable débat.

» M. Coste prétend que c'est le foin que l'on emploie, qui apporte les animalcules dans les macérations.

» C'est là une grande erreur; car les rares infusoires qu'il contient sont frappés de mort par les premiers phénomènes de la putréfaction, et ceux qui apparaissent ensuite par myriades sont des espèces absolument différentes.

» J'ai prouvé, du reste, la fausseté de la théorie du savant physiologiste, en montrant à tout le monde qu'on obtenait des animalcules ciliés avec des cerveaux d'homme, de singe et de mouton, et même avec des vers intestinaux qui avaient été, pendant un an, plongés dans l'alcool.

» J'en ai aussi obtenu avec des animaux et des plantes de la mer qui, couverts d'infusoires marins, les perdaient durant les premiers phénomènes de la putréfaction, pour produire, bientôt après, des légions d'animalcules d'eau douce.

» Tous les savants qui se sont occupés rationnellement de cette question ont reconnu qu'il était absolument impossible d'attribuer au corps solide l'introduction des animalcules, et je m'étonne de voir M. Coste en revenir à cette hypothèse désespérée. En cela, il est donc en opposition avec M. Pasteur, qui considère l'air comme le grand *ensemenceur* général. Voilà donc les deux adeptes de la panspermie en opposition flagrante.

» Le savant académicien prétend que j'ai pris pour des œufs, des microzoaires enkystés : ce reproche n'est pas neuf. Six ans avant que me l'adressât M. Coste, d'autres me l'avaient déjà adressé, et avant que celui-ci ne parlât, j'avais déjà anéanti son objection, en consacrant plus de cent pages à l'embryogénie des infusoires et en démontrant qu'une telle erreur ne pouvait m'être imputée.

(1) Cette pellicule est ainsi nommée par M. Pouchet, en raison de la fonction qu'il lui attribue.

Digitized by Google

» M. Coste a prétendu que la pellicule qui se forme sur les infusoires ne servait à rien par rapport à la production des animalcules. C'est encore là une grave erreur; jamais un seul infusoire cilié ne se produit quand cette pellicule manque.

» A l'égard de cette merveilleuse facilité avec laquelle les animalcules se couperaient, se sectionneraient sous leur enveloppe en deux, quatre, six, vingt ou trente morceaux qui deviendraient chacun un animalcule semblable à celui qui s'est ainsi haché, comme je l'ai déjà dit, mon savant confrère s'est laissé entraîner par une idée du siècle dernier, et a été évidemment trompé par une illusion.

» Les kystes de multiplication de M. Coste ne sont que des œufs multiples, comme on en observe chez certains animalcules, ou bien ce ne sont que des mères contractées sur leurs œufs, lesquels éclosent sous l'enveloppe ou kyste ainsi formé. »

J'arrive, messieurs, à une expérience que nos adversaires nous opposent sans cesse comme une des plus importantes, comme une expérience *cruciale*, pour me servir de l'expression employée par le rapporteur de la commission qui vient de prononcer entre M. Pasteur et nous.

Il s'agit de la fameuse ascension du mont Jura et de la Mer de glace exécutée par M. Pasteur, dans le but de prouver l'existence de la panspermie limitée, c'est-à-dire la division de l'atmosphère en zones, les unes *fécondes*, bû peuplées de germes, les autres *stériles* ou complétement dépourvues de corpuscules organisés. En conséquence, l'habile chimiste quitta son laboratoire de la rue d'Ulm, et, plein d'espoir dans la bonté de sa cause, il se mit à gravir les flancs du Montanvert. A ses côtés, c'est lui-même qui nous l'a dit :

**Deux mulets cheminaient de ses ballons chargés.**

Notre antagoniste allait quérir sur les hauts sommets des montagnes un air qui, selon lui, devait être d'une pureté parfaite, c'est-à-dire privé de germes, et qui, par suite, mis en contact avec de l'eau de levure bouillie dans ses ballons, devait les laisser complétement stériles. En effet, sur vingt ballons ouverts sur le mont Jura, douze demeurèrent intacts, c'est-à-dire vierges de toutes productions organisées. Des vingt ballons ouverts sur la Mer de glace, à 2000 mètres d'altitude, là où, d'après la théorie panspermiste, l'air devait être le plus pur, un seul donna des signes de vie. Donc, s'écriait M. Pasteur, la panspermie est une *réalité*, et l'hétérogénie une chimère, pour ne pas dire une absurdité.

Frappés de ce bonheur inoui, le 23 août 1864 nous escaladions les pentes abruptes de la Maladetta, et là, sans autres témoins que le ciel et nos guides, dans l'intérieur même des glaciers de la montagne Maudite, à une altitude supérieure de 1000 mètres à celle où s'était arrêté M. Pasteur, nous remplissions nos vases à infusions de cet air, qui, disait-on, devait être d'une pureté presque immaculée, qui ne devait rien produire, et qui pourtant se montrait étonnamment fécond.

Nous avions modestement emporté douze ballons. Quatre se brisèrent en route ou pendant le cours de nos expériences. Les huit restant se peuplèrent d'organismes.

M. Milne Edwards explique ces résultats inattendus en disant que, « dans le lieu et au moment où nos huit vases ont été remplis d'air, l'atmosphère était chargée de plus de poussières organiques qu'il n'y en avait en haut du Jura au moment où M. Pasteur s'y rendit ».

Puis il ajoute : « Ces expériences ne fournissent aucun argument solide en faveur de l'hétérogénie. »

Soit, nous l'accordons volontiers; car ce n'est pas dans ce but que nous les avions entreprises. Mais fournissent-elles des preuves plus décisives en faveur de la panspermie limitée?

Évidemment non, car il n'est pas certain, et l'on ne saurait dire à priori qu'à mesure que l'on s'élève sur les montagnes, l'air devient de plus en plus pauvre en corpuscules organisés. Si les expériences de M. Pasteur semblent venir à l'appui de cette idée théorique, évidemment les nôtres la renversent. En outre, comme avec un décimètre cube d'air puisé dans une région quelconque de l'atmosphère, nous obtenons toujours des organismes, nous nous croyons en droit de répéter que la *panspermie localisée* est un faux-fuyant inventé pour les besoins d'une cause aux abois : « *Quod erat demonstrandum.* » C'était là précisément ce qu'il fallait démontrer. Dès lors, à quoi bon charger deux mulets de ses nombreux ballons, et se fatiguer soi-même à escalader les montagnes, au risque de se casser le cou, si l'expérience doit être aussi incertaine, aussi aléatoire, et surtout aussi peu probante? Et c'est cependant celle-là, celle-là seule que la commission de l'Institut nous proposait pour juger en dernier ressort la grave question de l'hétérogénie. Qu'auriez-vous dit, messieurs, si nous avions eu, si nous avions encore la bonhomie de l'accepter? Aussi, voilà précisément pourquoi

**Jean s'en alla comme il était venu,**
**Mangeant son bien avec son revenu.**

Réfuter les expériences de Montanvert, c'est réfuter du même coup celles que M. Pasteur a faites au Muséum, et dont la commission de l'Institut affirme la rigoureuse exactitude.

Encore une fois, nous ne doutons pas des résultats obtenus; nous attaquons seulement les conséquences. Nous y reviendrons, messieurs, nous en prenons l'engagement devant vous.

En attendant, nous constatons avec plaisir que le mot de *panspermie limitée* n'est pas prononcé une seule fois dans ce rapport pourtant très-détaillé. Cette théorie bizarre, insoutenable, aurait-elle fait son temps même au sein de l'Institut? S'il en était ainsi, ce serait un pas immense fait vers la vérité. Espérons, c'est-à-dire atten-

Digitized by Google

dons. Il a fallu vingt ans à l'homme antédiluvien de M. Boucher (de Perthes) pour arriver d'Abbeville à l'Institut. Il en faudra peut-être cinquante à l'hétérogénie pour y arriver de Rouen ou de Toulouse. Mais que faut-il, en définitive, pour établir une vérité nouvelle ? De la patience, puis de la patience et encore de la patience. Nous en aurons.

Si les germes atmosphériques étaient la seule cause de l'apparition de la vie au sein des macérations, il suffirait, pour l'empêcher de naître, de faire bouillir plus ou moins longtemps la macération employée et de la mettre en contact avec de l'air qui aurait traversé, soit du coton-poudre, soit de l'acide sulfurique, soit de l'air calciné dans un tube de platine ou de porcelaine rougi à blanc.

En suivant ces divers modes de procéder, Schultze et Schwann, dont les expériences étaient partout citées comme décisives, ont prétendu avoir frappé tous leurs ballons d'une complète stérilité; mais, en répétant ces fameuses expériences avec un luxe de précautions que n'y avaient certainement pas mis leurs auteurs, M. Pouchet a toujours vu ses matières se peupler d'organismes. M. Musset et moi, nous avons encore renchéri, s'il est possible, sur la rigoureuse exactitude de notre noble ami, et, comme lui, nous avons constamment trouvé des proto-organismes là où MM. Schultze, Schwann et surtout M. Pasteur soutiennent qu'il ne s'en forme pas (1).

Quant à Jeffries Wyman, il a soumis d'abord la substance organique à une ébullition de deux heures, sous la pression de deux atmosphères; puis il a introduit dans le ballon refroidi, de l'air qui se calcinait en passant à travers un faisceau de tubes de fer portés au rouge blanc. Eh bien, malgré tant d'entraves apportées à la fécondité de la nature, elle a montré toute sa puissance en donnant un démenti formel aux chimistes allemands, et par suite à M. Pasteur.

La vie se bornait ici aux organismes les plus inférieurs, aux éternelles *bactéries*. Elle était très-amoindrie, il est vrai, mais non complétement anéantie.

Comme M. Pouchet, comme nous, comme le professeur J. Wyman, le docteur Gilbert W. Child a répété les expériences de Schultze et de Schwann avec le plus grand soin. Pour purifier l'air employé, il s'est servi de l'appareil à boules de Liebig, rempli d'acide sulfurique.

M. Child affirme que « des organismes vivants ont apparu précisément dans les mêmes circonstances où M. Pasteur dit qu'ils ne peuvent et ne doivent pas exister » (1).

Enfin, mesdames et messieurs, pour en terminer avec l'air et les gaz, je me hâte de vous dire que Pouchet, Mantegazza et W. Child ont obtenu des proto-organismes en mettant une infusion bouillie en contact avec de l'air artificiel et de l'oxygène pur.

Il nous reste à vous dire un mot des poussières et des effets de leur ensemencement.

M. Pasteur a fait grand bruit de celles du mercure. C'est par là, selon lui, que les souris, c'est-à-dire les poussières, ont pénétré dans nos ballons. D'après l'illustre chimiste, un seul globule de ce métal, de la grosseur d'un pois, suffit pour faire naître dans une liqueur altérable (l'eau de levûre, par exemple) les productions les plus variées. Or, un litre de mercure pris par nous dans la cuve pneumatique de la Faculté des sciences de Toulouse, lavé avec soin dans l'eau distillée, n'a rien produit dans cette eau, bien que nous eussions laissé à dessein au fond du vase une couche de ce métal épaisse d'un centimètre.

Ce n'est pas tout : à l'exemple de Pouchet et de Mantegazza, nous avons fait bouillir le mercure, et nous avons obtenu de nombreux organismes.

Voici notre expérience, ou plutôt celle de Mantegazza répétée par M. Musset et par moi :

Une décoction de foie de veau, soumise à l'ébullition pendant deux heures, fut introduite dans des éprouvettes (X et Y) où avait bouilli du mercure, en ce moment à 100 degrés. Ces deux éprouvettes furent renversées sur du mercure qui avait été également porté à l'ébullition. Dans l'une, nous fîmes passer de l'air purifié par la potasse et l'acide sulfurique; dans l'autre, de l'air ordinaire. Sept jours après, la décoction fut examinée au microscope. Les deux tubes nous offrirent alors des bactéries petites, mais agiles, et à peu près aussi nombreuses en X qu'en Y. La décoction laissée à l'air libre, et par conséquent sans cesse renouvelé, était infiniment plus peuplée que celle des deux éprouvettes; mais elle ne contenait également que des *Bacterium termo*. Nous n'avons pas vu dans nos vases les *bacterium catenula* observés par Montegazza; mais, sur tous les autres points, nos résultats s'accordent avec ceux qu'a fait connaître ce savant distingué.

Nous ne nions pas toutefois, tant s'en faut, que la poussière en *repos* ou en *mouvement* (car M. Pasteur croit devoir faire cette distinction, à mon avis, plus que subtile), nous ne nions pas que la poussière ne puisse jamais être féconde. Elle l'est, mais uniquement ou presque uniquement en raison des substances organiques qu'elle contient. Les germes (*œufs* ou *spores*) qui s'y trouvent ne contribuent que pour une très-faible part à sa fécondité.

Nous en dirons autant des corpuscules recueillis dans l'air par les ingénieux procédés de M. le docteur Lemaire, procédés renouvelés d'ailleurs de Moscati, de

(1) Pour les détails relatifs aux expériences de Schultze et de Schwann, voyez la Thèse de M. Ch. Musset, intitulée *Nouvelles recherches expérimentales sur l'hétérogénie, ou génération spontanée*, p. 20 et 21. Toulouse, 1862.

(1) It is worthy of remark that organisms were found here under the precise circumstances in which M. Pasteur states that they cannot and do not exist. *Proceedings of the royal Society of London*, n° 65, 18 juin 1864.

Digitized by Google

Rigaud de Lisle, de Thénard et de M. Boussingault.

Qu'une matière putrescible, en suspension dans l'air d'un hôpital ou d'un marécage, puisse donner naissance à des microphytes et à des microzoaires, c'est précisément ce que nous admettons, et les expériences susmentionnées ne prouvent absolument rien contre nous. Il y a dans l'eau et dans l'air recueillis par M. Lemaire, une matière organique décomposable, susceptible de produire des proto-organismes. Elle les produit; et voilà tout. Enfin, quand M. Pasteur sème de la poussière dans une décoction de substance organique, laquelle, sans cela, dit-il, demeure improductive, nous pensons, nous, avec M. Pouchet, qu'il sème l'invisible, et qu'il récolte le produit du hasard. En effet, sans rien semer, absolument rien dans le champ qu'il nous indique, et préparé comme il l'exige, notre récolte est tout aussi abondante que la sienne. Vous en concevez facilement la raison.

Je termine là, messieurs, la partie expérimentale de cet entretien. Veuillez remarquer (et j'insiste à dessein sur ce point essentiel), que la question dont je m'occupe n'est pas du tout une question de chimie. Elle appartient foncièrement au domaine de la physiologie; c'est une simple question d'embryogénie microscopique. M. Coste l'a parfaitement compris, et il l'a dit dans d'excellents termes. Ce n'est pas la faute des hétérogénistes si l'on a défiguré leur doctrine, si l'on en a fait une sorte d'étendard religieux, politique, social, que sais-je encore?

Quant à nous qui sommes fermement résolus à rester sur le domaine de la science pure, nous étudions en physiologistes un problème de haute physiologie, et si nous avons consenti à imiter un moment M. Pasteur, et à torturer avec lui la nature au moyen du feu, de l'eau bouillante, de l'air calciné, des acides énergiques, etc., c'est uniquement pour donner satisfaction à ses exigences, et lui prouver qu'entre nos mains inhabiles, peut-être, pas plus qu'entre celles des Pouchet, des Jeffries Wyman, des Child, des Schauffhausen et des Mantegazza, les appareils du savant chimiste ne nous donnent pas ces résultats merveilleux qui devaient, disait-il, *étonner tout le monde*.

J'en ai dit assez, dans le courant de cette discussion, pour ne point reproduire ici, dans son entier, la réfutation que j'ai faite ailleurs du *Mémoire* sur les générations spontanées couronné par l'Institut. Je ne releverai pas davantage les nombreuses contradictions que nous avons signalées, mes amis et moi, dans le travail dont il s'agit.

Mais, je ne puis passer complétement sous silence l'habile plaidoyer panspermiste, qui vient de paraître dans les *Annales des sciences naturelles* (numéro de janvier 1865), plaidoyer signé par l'un de nos plus savants zoologistes. Nous nous sommes empressé de lire ce mémoire avec la scrupuleuse attention que nous commandait le nom de son auteur. Eh bien! nous le disons à regret, après l'avoir lu et relu, nous n'y avons vu que la glorification continuelle des expériences de M. Pasteur, que l'on proclame « *inattaquables* » bien qu'elles aient été attaquées, et non sans quelque succès, vous avez pu vous en concaincre, par les savants les plus autorisés de l'Angleterre, de l'Allemagne, de l'Italie et des États-Unis d'Amérique. Nous ne parlons pas des expériences du *trio* hétérogéniste, puisque l'auteur du panégyrique en question les déclare *sans valeur aucune* et ne s'*arrête pas*, dit-il, à les *réfuter*. Procédé commode, vous en conviendrez, pour se donner sur ses adversaires une victoire facile, surtout quand on ne peut leur opposer qu'une seule expérience personnelle qu'ils ont démontrée être fausse et dont on a soi-même, *autrefois* et devant de très-nombreux témoins, avoué franchement le côté *faible*, pour ne pas dire davantage. (Voir dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, etc., *de Toulouse*, notre notice intitulée *Une séance à la Sorbonne en* 1861, p. 16.)

Comme M. Milne Edwards se plaint qu'on ait parlé de cette expérience d'une manière inexacte dans quelques ouvrages qu'il ne désigne pas, je crois devoir citer ici les paroles du savant académicien : De l'eau et des matières organiques.

« De l'eau et des matières organiques furent placées dans deux longs tubes en forme d'éprouvettes. L'un de ces tubes, dont les deux tiers étaient occupés par de l'air, fut alors fermé à la lampe par son extrémité supérieure, et ensuite plongé dans de l'eau bouillante, ainsi que l'autre tube resté ouvert. Le bain fut maintenu en ébullition pendant le temps nécessaire pour que l'équilibre de température dût s'établir, à peu de chose près, entre les infusions et le liquide extérieur : puis on laissa refroidir les tubes, et on les abandonna à eux-mêmes, en ayant soin d'examiner de temps en temps leur contenu, à *travers leurs parois transparentes*. Au bout de quelques jours, je vis des infusoires se mettre en mouvement dans celui des deux tubes qui était resté en communication libre avec l'atmosphère, tandis que dans l'autre tube, dont la clôture hermétique avait précédé l'action présumée mortelle de la chaleur, je ne vis jamais apparaître un seul animalcule. » (Mém. cité, p. 27.)

Nous nous permettrons de demander à M. Milne Edwards comment, en examinant à travers les *parois transparentes* de ses tubes, il a pu *voir* des infusoires se mettre en mouvement, quand tout le monde sait que, pour les apercevoir un peu distinctement, il faut un grossissement d'au moins 300 ou 400 diamètres.

Or, je ne pense pas que les tubes employés aient pu être placés commodément sous la lentille du microscope. De plus, l'air était confiné : il avait été soumis à une température de 100 degrés; il en était de même de la substance organique; conditions très-défavorables, mais non absolument contraires à l'apparition de la vie dans les infusoires. Convaincu de la nullité de nos expériences, et très-persuadé de la validité de l'expérience unique qu'il nous oppose encore aujourd'hui, après avoir avoué, en pleine Sorbonne, qu'elle était

Digitized by Google

*mauvaise*, M. Milne Edwards continue à regarder comme très-exactes celles de Schultre et de Schwann, démontrées fausses par Mantegazza, par Jeffries Wyman, par Gilbert W. Child, par M. Pouchet, par M. Musset et par nous.

Quant à notre habileté comme expérimentateurs, mise en doute par M. Milne Edwards, je passe, s'il le veut, condamnation en ce qui me concerne. (1) S'il s'agit de mes deux collaborateurs, je ne puis, je ne dois pas me montrer si docile; je pourrais, pour les disculper, invoquer en leur faveur le précieux témoignage de notre éminent chimiste M. Frémy, qui nous a si loyalement, si généreusement ouvert son propre laboratoire, et qui a pu se convaincre des soins minutieux, des précautions rigoureuses, de la conscience extrême apportés par mes nobles amis, et surtout par M. Pouchet, dans ses ingénieuses expériences.

A défaut de cet honorable témoignage, qui ne me sera pas refusé, j'en ai l'intime conviction, j'invoquerais au besoin celui du professeur Mantegazza. Écoutez ce qu'il nous dit dans ses *Note sperimentali sulla generazione spontanea*, page 5. Je traduis :

« J'ai toujours cru à la *génération spontanée*, mais après avoir, au mois de novembre dernier (1863), visité Pouchet dans son laboratoire, après avoir vu ses expériences, l'exactitude avec laquelle elles sont faites, et les très-ingénieux appareils (*ingegnosissimi apparecchi*) qui lui ont servi, j'avoue que je crois à l'hétérogénie dix fois plus qu'auparavant. Et sans aller à Rouen, comme je l'ai fait, en lisant le dernier ouvrage que M. Pouchet a tout récemment publié, vous pouvez voir quelle logique d'expérimentation, quelle éloquence de faits il y a dans les études de l'illustre physiologiste. » (*Sulla generazione spontanea, note sperimentali*, del dottor Paolo Mantegazza. Milan, 1864.)

Aux témoignages de juges aussi compétents que le sont MM. Frémy et Mantegazza, qu'il me soit permis d'en ajouter un autre plus récent et qui vient de plus haut encore. Dussé-je faire un peu souffrir l'excessive modestie de M. Pouchet, je demanderai ce que signifient les insignes placés, il y a peu de jours, sur la poitrine de mon noble ami par le roi Victor-Emmanuel? Cette distinction, si flatteuse et si méritée, viendrait-elle dire par hasard que M. Pouchet est un médiocre physiologiste et un maladroit expérimentateur?

Et Mantegazza lui-même, qui vient d'obtenir aussi du roi galant homme, *il re galante uomo*, comme disent les Italiens, la juste récompense de ses nombreux et importants travaux, Mantegazza ne peut-il pas aller de pair avec les gloires les plus pures de l'Institut français?

Les souverains s'honorent, mesdames et messieurs, autant qu'ils honorent la science, quand ils vont chercher dans et hors de leurs propres États ceux qui la cultivent avec amour et contribuent à son avancement. Pour en revenir au doute peu légitime énoncé par M. Milne Edwards, j'admets que Mantagazza s'est trompé, que MM. Pouchet et Musset se sont trompés, que je me suis trompé moi-même.

J'admets que. si

« Plus d'une erreur passe et repasse
» Entre les branches d'un compas »,

Il peut en passer bien davantage encore sous la lentille d'un microscope.

Mais quand des observateurs habiles à manier cet instrument, quand des savants du premier ordre, séparés les uns des autres par des continents et des mers, et pour la plupart sans relations directes entre eux; quand des expérimentateurs tels que Mantegazza, à Pavie; Ezio Castaldi, à Milan; Schaafhausen, à Bonn; Gilbert W. Child et R. Owen, à Londres; Jeffries Wyman, aux États-Unis (1), pour ne point parler de la glorieuse phalange des morts, appuient nos résultats de l'autorité de leurs grands noms, nous aimons à mettre nos conclusions sous leur illustre patronage, sans préjudice du vôtre, mesdames et messieurs, que nous serions heureux et fiers d'obtenir.

Si nous sommes dans l'erreur, il nous est glorieux et doux de nous tromper en si savante et si aimable compagnie.

Résumons-nous maintenant.

Quelque minime qu'elle paraisse, la question de l'hétérogénie, vous avez pu vous en convaincre, est une question immense et remplie de difficultés. Loin de nous l'orgueilleuse pensée de les avoir toutes résolues, de n'avoir laissé aucun doute à éclaircir, aucun vide à combler. Nous avons tracé laborieusement, consciencieusement notre sillon; d'autres viendront après nous qui le creuseront davantage et finiront par y voir resplendir la vérité. Mais, comme la pudeur, la nature a ses voiles : on ne peut les soulever que d'une main très-discrète, et toujours avec l'aide d'une longue persévérance.

Nous croyons cependant vous avoir indiqué comment elle opère dans la formation de ses plus infimes créatures. Nous croyons vous avoir fait assister à la naissance, au début de l'organisation et de la vie, sans prétendre le moins du monde vous dévoiler l'essence de la force mystérieuse qui les produit. Enfin, appuyés sur de nombreuses expériences, nous avons cherché à vous démontrer :

1° Que l'air n'est pas, quoi qu'on en ait dit, peuplé de cette infinité de germes (*œufs* ou *spores*), auxquels nos antagonistes attribuent exclusivement la prodigieuse fécondité des infusions.

Si ces germes existent, il faut nous les montrer. Or,

(1) Nous avons dit ailleurs que nous avions été aidés, pour la partie matérielle de nos expériences par M. Melliès, le très-habile préparateur de la Faculté de médecine de Toulouse. M. Melliès est en même temps professeur de chimie à l'École des Beaux-Arts de la même ville.

(1) J'insiste à dessein sur ces noms illustres, parce qu'ils ont été complétement passés sous silence par MM. Pasteur et Milne Edwards. J'ai pour principe de rendre à César ce qui appartient à César.

Digitized by Google

c'est ce que nous demandons en vain depuis l'origine du débat.

S'ils sont aussi réels, aussi nombreux qu'on nous l'assure, pourquoi les chimistes, si habiles dans leurs analyses, n'en ont-ils jamais constaté la présence?

Pourquoi le microscope et les divers moyens que nous avons mis en œuvre pour saisir ces germes problématiques, ne nous les ont-ils pas révélés?

D'ailleurs, les infusions *bouillies*, c'est-à-dire privées de tout germe vivant, sont plus ou moins fécondes :

1° Avec l'air soi-disant *immaculé* des plus hauts sommets de nos montagnes;

2° Avec l'air puisé directement dans l'intérieur d'un fruit de *cucurbitacée ;*

3° Avec l'air qui a traversé du coton-poudre, de l'acide sulfurique ou un tube de porcelaine, de fer ou de platine rougi à blanc ;

4° Avec l'air artificiellement préparé dans nos laboratoires;

5° Avec l'oxigène pur.

La *panspermie* et surtout la *panspermie localisée* est donc une chimère, qui probablement sera bientôt abandonnée de ceux-là mêmes qui l'ont le plus chaleureusement défendue.

Or, la panspermie *aérienne* une fois renversée, que restera-t-il à nos adversaires? A quel élément vont-ils avoir recours pour nous combattre?

L'eau, nous répondront-ils, et la substance organique employées.

Mais quand l'eau dont nous nous servons est de l'eau distillée, de l'eau qui a bouilli quatre ou cinq heures; quand la substance organique destinée à nos essais a été portée à une température de 100, 120, 150 et même 200 degrés, qui oserait soutenir, à moins de les déclarer incombustibles, comme a fait M. le vicomte d'Auvray, qui oserait soutenir que tous les germes, si germes il y a, n'ont pas péri dans cette double et terrible épreuve de l'eau bouillante et du feu le plus intense? Du reste, MM. Milne Edwards, Cl. Bernard, Hoffmann et M. Pasteur lui-même sont à peu près d'accord avec nous sur ce point. S'ils ne l'étaient pas, la plupart de leurs expériences n'auraient absolument aucune valeur, et même certaines d'entre elles n'auraient jamais dû être tentées. Enfin, on nous oppose la petitesse infinie des germes, et l'impossibilité de les apercevoir, même à l'aide du meilleur microscope.

Nous avons cherché ailleurs à répondre à cet argument plus spécieux que solide, ou plutôt un penseur qui porte un nom trois fois illustre, M. Émile Burnouf, a répondu pour nous (1).

Finissons, messieurs, par quelques réflexions nées du fond même de mon sujet.

Sur quoi repose, en définitive, l'ensemble de notions que, sous le nom d'HÉTÉROGÉNIE, nous travaillons à introduire comme un nouveau chapitre dans la science de la vie?

Il repose :

1° Sur une *hypothèse*, celle d'une *force vitale*, attribuée dès l'origine des choses à la matière organique.

2° Sur des *analogies*, empruntées aux modes divers de reproduction déjà connus, analogies basées sur cette idée que, malgré ses tendances à l'unité, la nature emploie souvent des modes très-variés pour arriver à un même résultat. L'*hétérogénie* serait l'un de ces modes spéciaux.

3° Sur des *expériences* nombreuses, exécutées avec les soins les plus minutieux, avec la plus scrupuleuse attention, soit par nous, soit par les savants distingués dont nous vous avons cité les noms.

4° Sur des *faits*, résultats palpables de ces nombreuses expériences.

Quelle valeur attribuerons-nous à chacun de ces moyens de démonstration?

1° L'*hypothèse*. — Celle que nous avons admise a été adoptée, à quelques exceptions près, par une foule d'éminents esprits, de physiologistes d'un mérite incontesté. Qu'il nous suffise de citer Hippocrate, Buffon, Barthez et l'immortel Bichat.

A nos yeux, les hypothèses ne sont qu'un moyen de satisfaire provisoirement l'impatience de l'esprit humain, si avide de connaître les causes, si malhabile hélas! à les saisir.

Selon nous, les hypothèses ressemblent aux cartes dont l'enfant se sert pour construire son fragile château. Elles n'ont, la plupart du temps, ni plus de consistance ni plus de solidité.

C'est vous dire, messieurs, que nous n'attribuons pas une grande valeur aux hypothèses. Nous n'en admettons aucune comme élément foncièrement valide dans cette discussion. Sévères pour nous-mêmes, nous acquérons le droit de l'être pour autrui.

Voilà pourquoi nous rejetons les théories *panspermistes* ou *semi-panspermistes*, lesquelles ne sont à nos yeux que des à priori démentis par les faits.

2° L'*analogie* est un plus sûr moyen de preuve, mais il n'est pas non plus infaillible. Nous en avons usé discrètement, sobrement, je pense, et dans des limites parfaitement acceptables.

3° *Les expériences*. — Nous aurions pu les multiplier beaucoup, nous avons cru devoir nous borner à quelques-unes des plus probantes. Nous les avons comptées; à vous, messieurs, de les peser.

4° Enfin viennent les résultats de ces expériences, les faits sur lesquels s'appuient nos conclusions.

C'est là, messieurs, la partie vraiment essentielle de cet entretien, bien long, bien fatigant pour vous peut-

(1) Voir la remarquable lettre de M. É. Burnouf, dans mon *Examen critique du Mémoire de M. Pasteur, relatif aux générations spontanées* (Mém. de l'Acad. imp. des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse, t. I, p. 215, VI^e série).

Digitized by Google

être, très-court et très-agréable pour moi. C'est sur ces faits que je me permettrai d'appeler, en terminant, vos sérieuses méditations.

Nous le déclarons avec franchise : ce que veut l'*hétérogénie*, c'est d'abord la liberté nécessaire pour se livrer à ses investigations sans crainte d'être inquiétée, suspectée, calomniée, proscrite.

Aussi est-ce avec autant de bonheur que de reconnaissance que nous avons entendu ces nobles paroles, prononcées au sein de l'Institut, par l'un de nos adversaires les plus illustres et, ce qui ne gâte rien, en même temps des plus courtois. « La science est le domaine réservé du libre examen. Ceux qui affirment et ceux qui nient y tendent au même but, c'est-à-dire à la découverte de la vérité. Je convie donc les hétérogénistes à continuer l'œuvre d'agitation salutaire qui est un appel au travail. Je les suivrai, le microscope à la main, partout où ils placeront la question sur le terrain de l'observation directe. » (M. Coste, *Comptes rendus de l'Institut*, séance du 25 juillet 1864.)

Le terrain que nous indique M. Coste est précisément celui que nous avons choisi. Nous serons heureux de l'y suivre, puisqu'il nous y convie. Nous prenons acte de sa loyale invitation. Car, encore une fois, ce que veut l'*hétérogénie*, c'est l'investigation patiente, attentive et sérieuse des faits.

Il ne s'agit point pour elle de présupposer les vérités, mais de les découvrir et de les constater.

Quand les faits seront mis hors de doute, m'écrivait tout récemment un penseur, j'allais dire un sage, mûri par l'étude, la réflexion et une longue expérience des hommes et des choses; quand les faits seront mis hors de doute, alors, mais seulement alors, il sera temps de les coordonner et d'en tirer des lois.

Les doctrines qui surgiront ainsi, messieurs, pourquoi s'en épouvanter d'avance, comme si elles devaient être ignobles et dangereuses? Tout nous les fait pressentir, au contraire, revêtues d'un caractère très-élevé. Elles seront compatibles, quoi qu'on en dise, et avec la grandeur de Dieu et avec la dignité morale du genre humain.

Messieurs, Lamennais a dit quelque part : « Il n'est point d'état plus déraisonnable que de rester immobile dans les mêmes idées, quand elles ne sont pas de celles qui forment en quelque manière le lit sur lequel coule perpétuellement la vérité progressive. Cet état implique ou la persuasion que l'on sait tout, que l'on a tout vu, tout conçu, ou la volonté de ne pas voir plus, de ne pas concevoir mieux. Et lorsqu'en outre on prétend faire de cette vérité quelconque, à laquelle on s'est cramponné en passant, comme à une pointe de rocher pendante sur le fleuve, la station dernière de l'humanité, aucune langue ne fournit un mot pour exprimer un pareil excès d'extravagance. (Cité d'après Peyrat, *Histoire de Jésus*, préface.)

Aussi ne vous étonnez pas si nous relevons encore la tête, malgré l'échec plus apparent que réel que nous venons d'éprouver au sein de l'Institut. Ne soyez point surpris si nous ne souscrivons pas à la sentence prononcée contre nous par un savant illustre qui, sans avoir fait, que nous sachions du moins, aucune expérience personnelle, croit pouvoir trancher par des mots une question tout expérimentale, en disant :

« *La génération spontanée n'est pas : ce n'est pas comprendre la question que de douter encore.* »

Non, mesdames et messieurs, cette sentence magistrale n'est pas pour nous sans appel, et, par une douce illusion que vous me pardonnerez sans doute, j'aime à croire qu'elle ne sera pas non plus ratifiée par vous.

Au moment de prendre congé de vous, mesdames et messieurs, je sens un serrement de cœur semblable à celui qu'on éprouve en quittant de bons et indulgents amis. Mais à ce regret de m'éloigner de vous se mêle l'espérance, peut-être bien mensongère, de vous revoir encore; il s'y mêle surtout un profond sentiment de gratitude pour votre sympathique accueil et votre très-gracieuse hospitalité.

N. Joly.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

### COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### XV (fin).

#### Mécanisme de la mort par le curare.

Nous avons déjà constaté que l'empoisonnement par le curare se produit spécialement à l'extrémité du nerf moteur. Que se passe-t-il là de mystérieux? Il est certain qu'on ne peut y trouver, ni une action physico-chimique, ni une détérioration permanente, car, en pratiquant la respiration artificielle pour donner au curare le temps de s'éliminer, on voit le nerf moteur reprendre ses fonctions comme auparavant. M. Claude Bernard a déjà dit que l'action du curare lui paraissait s'exercer particulièrement sur le milieu du nerf, c'est-à-dire sur le liquide qui le baigne.

Les nerfs moteurs prennent naissance dans la moelle épinière, dans des cellules particulières dites *cellules motrices*, et généralement plus grandes que les autres cellules qu'on rencontre dans la même moelle. Ces filaments nerveux issus des cellules de la moelle aboutissent aux racines antérieures rachidiennes qui existent au niveau de chaque vertèbre, et se réunissent bientôt avec les racines postérieures (ou *sensitives*) correspondantes, pour donner autant de faisceaux nerveux complexes qui portent à la fois dans toutes les parties du corps la sensibilité et le mouvement. Chaque fibre nerveuse est essentiellement composée de trois parties. Au

(1) Voy. les n°s 5, 7, 8, 9, 10, 11 et 13.

Digitized by Google

centre, le *cylinder-axis*, véritable conducteur des actions nerveuses, sorte de cordon formé d'une matière azotée dont la nature n'est pas encore bien connue; ce cordon est baigné dans un liquide incolore pendant la vie et opaque après la mort, qui lui constitue une sorte de milieu, et qu'on nomme la *moelle nerveuse;* enfin, le tout est enveloppé d'une sorte de gaîne continue qu'on appelle le tube nerveux.

Il ne faut pas oublier que ni la cellule originelle de la fibre nerveuse motrice, ni le tronc même de cette fibre, ne sont attaqués par le curare; l'expérience de Fontana rapportée plus haut le prouve péremptoirement : l'action de ce poison ne se produit qu'à la terminaison du nerf moteur dans le muscle. Mais comment se fait cette terminaison? C'est un point qui n'a été bien étudié que dans ces dernières années. On croyait jusque-là que tous les nerfs se terminaient par de petites anses entourant les fibres musculaires. Mais les travaux récents ont montré qu'il n'y avait point d'anses comme on se le figurait, et l'on a étudié alors successivement, avec le plus grand soin, la terminaison des nerfs dans la peau, dans les organes des sens, dans les muscles, etc.

On avait déjà objecté qu'il y avait beaucoup moins de fibres nerveuses dans le nerf qui se distribuait à un muscle qu'il n'y avait de fibres musculaires dans ce muscle lui-même, ce qui rendait assez difficile à expliquer l'action instantanée du nerf sur toutes les fibres musculaires. Mais on sait aujourd'hui que les filaments nerveux se divisent dichotomiquement un assez grand nombre de fois, de telle sorte qu'une seule fibre nerveuse suffit à influencer quinze ou vingt fibres musculaires. M. Kühne, et d'autres observateurs qui se sont particulièrement occupés de ces questions, ont montré que l'enveloppe de la fibre nerveuse se continuait avec le sarcolemme qui entourec haque fibre musculaire; le *cylinder-axis* pénétrait alors dans la fibre musculaire, et il se présentait là une sorte d'expansion nerveuse, — ou *plaque nerveuse*, — présentant des noyaux irrégulièrement disposés, et faisant en quelque sorte partie de l'enveloppe du muscle.

Le question est maintenant de savoir si ce ne serait point par hasard cette plaque nerveuse qui serait atteinte par le curare. En effet, quand on trouve un élément anatomique présentant une texture particulière et distincte, on est en droit de supposer que cet élément est distinct, et pourrait être attaqué par certains poisons qui n'attaqueraient pas les autres éléments histologiques.

M. Trinchen a cru voir en effet que ces plaques nerveuses présentaient une apparence particulière chez les animaux empoisonnés par le curare, résultat qui pourrait se relier à d'autres observations microscopiques de M. Roudanowski, relatives à des altérations spéciales qui se produiraient dans la moelle nerveuse à la suite des empoisonnements par l'opium et la nicotine. Sans doute tout cela est encore à l'état d'hypothèse; mais on doit toujours imaginer des hypothèses pour faire progresser la science; seulement, il faut se garder d'y croire trop tôt et de les considérer comme des vérités avant que l'expérience répétée n'en ait démontré l'exactitude. C'est toujours ainsi que procède la science; elle pose des hypothèses, qu'elle cherche ensuite à vérifier, qui lui servent à diriger ses expériences, et elle recule de plus en plus les difficultés; elle écarte les causes d'erreur jusqu'à ce que l'exactitude du principe éclate à tous les yeux. Même lorsqu'on aboutit à des faits contraires à ceux que l'on cherchait, l'hypothèse n'en a pas moins été un utile instrument de progrès scientifique, puisqu'elle a conduit à découvrir ces faits qu'on ne soupçonnait pas, et on l'abandonne alors comme un instrument usé qui a rendu tous les services qu'on pouvait attendre de lui.

---

## BULLETIN DES COURS.

Parmi les conférences publiques qui ont été organisées à Lyon avec un grand succès par la *Société de l'enseignement professionnel du Rhône*, nous devons signaler celle qu'a faite M. Alex. Glénard, professeur à l'École de médecine, sur l'*Origine des inventions dans l'industrie chimique*. L'orateur a combattu le préjugé qui attribue au hasard la plupart des inventions; il a montré que le hasard, quand il intervient dans les découvertes, n'apporte que des faits, qui sont, comme tous les faits, comme tous les phénomènes que la nature nous présente, des énigmes qu'il s'agit de comprendre, d'interpréter. Par des exemples choisis dans diverses industries, M. Glénard a raconté les efforts pénibles et multipliés qu'avaient coûtés les détails les plus simples de l'industrie chimique, et il est arrivé à cette conclusion que l'intelligence, l'instruction et le travail persistant pouvaient seuls concourir au progrès des diverses professions industrielles.

---

Strasbourg, comme tant de villes de provinces, a aussi ses soirées scientifiques. Samedi dernier, le célèbre chirurgien qui dirige l'École du service de santé, M. Sedillot, réunissait pour la seconde fois dans ses salons un public d'élite, qui venait assister aux expériences les plus remarquables dont la chimie s'est enrichie dans ses derniers temps. M. Liès-Bodard, le professeur de chimie de la Faculté des sciences, qui avait organisé cette soirée avec son zèle accoutumé, a su captiver l'attention de son auditoire pendant plus d'une heure et demie par les explications simples et lucides dont il accompagnait chaque expérience. Parmi les expériences exécutées dans cette soirée, nous signalerons particulièrement la vaporisation de l'iode, suivie de sa condensation sur les noirs d'une gravure ordinaire, qui fournit par la superposition d'un papier amidonné, une reproduction en bleu de cette gravure analogue aux négatifs de la photographie; puis la cristallisation des sels rendue palpable à l'aide de l'iodure de plomb; la combustion du gaz d'éclairage dans la lampe de Bunsen; l'inflammation du phosphore et du sucre sous l'eau, par le contact du chlorate de potasse et de l'acide sulfurique; la combustion du magnésium et l'inflammation spontanée du zinc éthyle; enfin des expériences sur l'azone et l'antizone, exposées dans une leçon que nous reproduirons prochainement.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 15. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 11 MARS 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1 ) | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XVI. XVII et XVIII. Action du curare sur les différents nerfs moteurs. — Le diabète considéré comme hypersécrétion ; des moyens de le produire artificiellement.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : IV. Histoire des éthers. — De l'éther ordinaire (suite).

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie** (Zoophytes). — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : III. De la série animale.

ÉCOLE DE PHARMACIE. — **Botanique.** — Cours de **M. Chatin** : VI. Des tiges anomales.

Paris, 10 mars 1865.

La dernière séance de l'Académie des sciences a été fort longue, et cependant elle ne nous a pas fourni un bien grand nombre de documents.

M. H. Sainte-Claire Deville a déposé l'extrait d'une lettre à lui écrite par M. Berthelot, et relative aux quantités de chaleur développées dans les combinaisons chimiques.

M. Faye a donné lecture d'une lettre que vient de lui adresser le père Secchi, relativement à ses travaux sur la constitution physique du soleil, soumis il y a quelque temps à l'Académie, et dont nous avons donné une analyse fort complète (1). Le père Secchi expose notamment ses récents travaux sur la nébuleuse d'Orion; et M. Faye a fait suivre cette lettre de quelques détails fort intéressants sur la question.

M. Chevreul a continué la communication de ses recherches sur l'histoire chimique de l'air. Il a notamment exposé les travaux et les idées de van Helmont, de Priestley et de Scheele.

Signalons enfin la lecture d'un mémoire de M. Corvisart sur les propriétés du suc pancréatique; un autre mémoire relatif aux travaux accomplis à bord des corvettes *l'Astrolabe* et *la Zélée*, sur la pression barométrique et la température de l'air et de l'eau de la mer dans les différentes parties du globe; enfin le dépôt du mémoire du maréchal Vaillant sur les expériences relatives à un nouveau moyen d'assurer et de rendre plus complète la fécondation des céréales, en promenant dessus, à l'époque de la floraison, une sorte de balayeuse qui secouerait les tiges, et hâterait la dispersion du pollen.

Il paraît que l'on va organiser à la Faculté de médecine de Paris des conférences analogues à celles qui ont lieu actuellement à la Sorbonne. Elles seraient faites par les agrégés de la Faculté, et commenceraient, dit-on, le 20 de ce mois. Voici la liste probable de ces conférences :

| | |
|---|---|
| VERNEUIL . . | Les chirurgiens érudits de la France. |
| FOLLIN. . . . | Gui de Chauliac. |
| BROCA . . . . | Celse. |
| TRÉLAT.. . . | Felix Wurzius. |
| LE FORT . . | Rioland. |
| TARNIER. . . | Levret. |
| BÉCLARD . . | Harvey. |
| LASÈGUE. . . | Frédéric Hoffmann et Stahl. |
| LORAIN. . . . | Jenner. |
| AXENFELD . . | Jean de Vier et les sorciers. |
| CHAUFFARD . | Laennec. |
| GUBLER . . . | Sylvius et l'iatrochimie. |
| PARROT . . . | Stahl. |

Nous comptons publier la plupart de ces conférences.

(1) Voy. le n° de la *Revue des cours scientifiques* du 28 janvier.



Digitized by Google

— La *Revue de l'instruction publique* annonce, — sans dire où elle a puisé ses renseignements, — que M. Duruy se propose de faire venir à Paris, aux frais de son ministère, les professeurs les plus distingués de la province qui auraient des idées nouvelles à propager, en leur facilitant les moyens de le faire dans des conférences publiques au sein de la capitale. « Les prémisses de cette bonne pensée, ajoute-t-elle aussitôt, étaient bien dues à M. Joly, l'infatigable défenseur de l'hétérogénie. » Ce qui veut dire que nous devons à cette intervention la conférence de M. Joly sur la génération spontanée. En laissant de côté le projet attribué au ministre, et qui ne manquerait pas d'à-propos, nous sommes en mesure d'affirmer que la *Revue de l'instruction publique* se trompe complétement pour ce qui concerne M. Joly. Le savant professeur de Toulouse est venu à Paris de son propre mouvement et à ses frais; le ministère n'y a pas autrement contribué qu'en lui donnant l'autorisation nécessaire à toute personne qui fait une conférence publique, et ce n'est même un mystère pour personne, à Toulouse, que l'administration académique n'a pas précisément facilité, en tant qu'il était en elle, le voyage de M. Joly à Paris.

La seconde conférence sur l'hétérogénie, faite lundi dernier par M. Joly dans les salons de la rue de la Paix, a eu tout le succès que nous lui promettions; et nous rappelons à nos lecteurs que M. Joly doit faire demain samedi, dans les mêmes salons, une autre conférence sur l'*homme fossile*. L'intérêt du sujet, sa nouveauté dans le monde scientifique, dont l'entrée lui a été longtemps interdite par de grandes autorités, enfin le talent d'exposition du professeur, promettent à cette soirée un succès plus grand encore qu'aux précédentes. Ajoutons que M. Joly doit faire passer sous les yeux de ses auditeurs un grand nombre d'ossements fossiles et d'objets provenant de l'industrie des premiers hommes, découverts non-seulement par lui, comme nous le disions il y a huit jours, mais aussi par MM. Garrigou, Trutat, Martin, Rames et H. Filhol, tous élèves distingués de M. Joly, et par le savant directeur de l'École de médecine de Toulouse, M. E. Filhol, qui s'est empressé de mettre à la disposition de M. Joly ceux de ces objets précieux qui étaient entre ses mains.

Nous publierons, très-probablement dans notre prochain numéro, cette conférence de M. Joly sur l'*homme fossile*.

Une place est actuellement vacante à l'Académie de médecine dans la section d'hygiène. Parmi les candidats qui se présentent, il ne semble pas qu'aucun puisse balancer les titres aussi nombreux que remarquables du docteur Bouchut.

Émile Alglave.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

### MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### XVI, XVII et XVIII.

**Action du curare sur les différents nerfs moteurs. Le diabète considéré comme hypersécrétion.**

Nous avons démontré expérimentalement que le curare détruit les propriétés des nerfs moteurs, et que son action s'exerce spécialement à l'extrémité périphérique de ces nerfs. Mais il y a différentes espèces de nerfs moteurs : les uns font partie du système nerveux cérébro-spinal, les autres du grand sympathique; les uns aboutissent aux muscles volontaires des membres, les autres aux muscles involontaires; d'autres se distribuent dans les glandes, d'autres dans les vaisseaux, d'autres encore dans le cœur, etc. Il faut donc déterminer comment le curare agit sur chacun de ces nerfs, et quels effets il en résulte pour le reste de l'organisme. C'est par la variété de ces effets que nous distinguerons les différents nerfs moteurs, bien qu'au point de vue de la physiologie générale, ce soient toujours des nerfs moteurs, quelle que soit d'ailleurs leur fonction et dans quelque système qu'ils soient placés, le cérébro-spinal ou le grand sympathique.

Ce que nous avons dit jusqu'ici s'applique plus particulièrement aux nerfs moteurs volontaires, c'est-à-dire à ceux des membres, du tronc, de la respiration et de la face. La paralysie d'un nerf moteur volontaire, telle qu'elle se produit sous l'influence du curare, a pour effet de rendre impossible la contraction du muscle dans lequel il se distribue, au moins sous l'influence de la volonté; car, ainsi que nous le verrons, le nerf moteur paralysé à l'influence volontaire peut encore être très-sensible à l'irritation électrique.

Mais il y a aussi des nerfs moteurs qui, loin de provoquer la contraction musculaire, ont pour fonction normale de l'arrêter quand elle a lieu. Cette propriété est surtout évidente dans les rameaux du nerf pneumogastrique qui se distribuent au cœur, et dont le rôle consiste à suspendre, dans certains moments, les contractions de cet organe : c'est ainsi qu'on arrête les battements du cœur en excitant le nerf pneumogastrique au moyen de l'électricité. L'irritation, même des nerfs de la peau, produit un résultat semblable grâce à une série d'actions réflexes, et tout le monde sait que les émotions, même les plus passagères, réagissent aussitôt sur le cœur, pour en suspendre d'abord, puis en modifier les mouvements. Il est évident que lorsqu'un nerf moteur a une pareille fonction, la destruction de ses propriétés ne doit pas entraîner la paralysie du muscle auquel il se distribue : et, en effet, quand nous ouvrons une gre-

(1) Voy. les n°s 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13 et 14.

Digitized by Google

nouille qui vient de succomber à l'action toxique du curare, nous voyons que son cœur continue à battre. Mais il ne faut pas conclure de là que le curare n'a pas tué les nerfs moteurs qui se distribuent au cœur; tout ce qu'on peut dire, c'est que la mort de ces nerfs ne se manifeste point par les phénomènes qu'entraîne la destruction des autres nerfs moteurs; et nous verrons plus tard s'il n'y a pas quelque moyen de la mettre en évidence.

Les nerfs vaso-moteurs, qui se distribuent aux fibres de la tunique musculaire des vaisseaux, ont pour fonction de tenir ces fibres dans un état de contraction presque permanent. Le curare détruit aussi leurs propriétés, ce qui amène le relâchement des fibres musculaires transversales de la tunique des vaisseaux, et, par suite, la dilatation de ces vaisseaux.

Les propriétés des nerfs de l'intestin, du grand splanchnique notamment, restent encore fort obscures; mais on sait que le curare les détruit. Enfin, les nerfs sécréteurs des glandes, que M. Claude Bernard range, à cause de cela et pour d'autres raisons, parmi les nerfs moteurs, sont également paralysés par cet agent toxique, et il en résulte une surexcitation très-considérable de toutes les sécrétions. L'action du curare sur les nerfs moteurs ne subit donc aucune exception, dans quelque endroit que l'on prenne ces nerfs et quelle que soit leur fonction.

Pénétrons maintenant plus avant dans l'étude des effets toxiques du curare. Jusqu'ici nous n'avons jamais produit que des empoisonnements généraux; cela ne suffit pas. Pour bien comprendre le mécanisme de la mort par le curare, il faut produire également des empoisonnements locaux et des paralysies locales. Il y a en effet, pour chaque poison, deux genres d'action à distinguer : l'action générale d'un côté et l'action locale de l'autre. On a même introduit en médecine, dans ces derniers temps, des méthodes d'injections locales pour des douleurs nerveuses locales. On a injecté ainsi avec une petite seringue des substances calmantes de diverses natures, telles que la belladone, la morphine, etc.

Supposons donc que, par un procédé semblable, nous injections dans un muscle une goutte de curare en dissolution : cette goutte se répandra dans le liquide intermusculaire, et empoisonnera l'extrémité de tous les filaments du nerf moteur qui s'y distribue, tandis que les autres nerfs moteurs ne seront aucunement atteints. Mais si l'on introduit une quantité de poison plus considérable, l'action d'abord locale se changera bien vite en action générale, et l'empoisonnement sera propagé dans tout l'organisme par son véhicule ordinaire, le sang. Lorsque l'endroit où l'on a introduit le curare ne possède pas de nerf moteur, — si on l'a placé dans la peau, par exemple, — il n'y aura pas d'action locale, puisque l'élément histologique, spécialement attaqué par ce poison, ne se rencontre pas dans le cercle de cette action; mais l'action générale ne s'en produira pas moins, si la quantité de matière toxique employée est suffisante.

Depuis la dernière séance, nous avons voulu réaliser des expériences pour produire diverses actions locales du curare; nous allons vous rendre compte de nos tentatives.

Quand il se produit une convulsion dans un membre, cela peut tenir à trois causes : 1° à une action sur le muscle (c'est ce qu'on appelle *convulsions idiopathiques*); 2° à une action directe sur le nerf moteur; 3° enfin à une action réflexe par action primitive du nerf sensitif. Ce dernier cas peut être mis de côté dans les recherches dont nous parlons, puisqu'il s'agit de mouvements réflexes qui exigent toujours l'intervention du nerf sensitif. Lorsqu'un animal manifeste une contraction musculaire, on doit donc rechercher à laquelle de ces différentes causes il faut la rapporter. Le curare fournit un excellent moyen pour arriver à cette détermination, car il arrête les convulsions lorsqu'elles sont dues au système nerveux moteur, tandis qu'il les laisse continuer lorsqu'elles sont dues au muscle. C'est le second phénomène que M. Claude Bernard a constaté d'une manière constante.

Si un organe était malade localement, il y aurait évidemment avantage à agir, localement aussi, sur lui en respectant l'organisme général. Mais les expériences de ce genre sont extrêmement délicates, et il faut les avoir tentées soi-même pour se rendre compte de toutes les difficultés qu'elles présentent. Rien ne semble plus simple au premier abord que d'empoisonner ainsi un nerf localement par le curare; et cependant c'est là en réalité une opération fort difficile, parce que la circulation marche si vite dans le muscle, que c'est à peine si l'on a le temps d'observer la paralysie du nerf moteur de ce muscle avant que cette paralysie se soit étendue, par l'entremise du sang, aux autres nerfs de l'organisme. Pour pouvoir montrer ici le résultat des expériences, il a donc fallu ralentir considérablement la circulation par un artifice qu'il ne serait pas possible d'employer dans les opérations médicales. Cet artifice consiste à enlever le cœur, ce qui supprime du même coup la circulation générale, et ne laisse plus subsister que la circulation locale capillaire, suffisante d'ailleurs pour faire vivre un animal à sang froid pendant un temps assez long pour permettre l'empoisonnement. Chez les animaux à sang chaud, il serait très-difficile de produire des empoisonnements locaux dans les membres, où la circulation est très-active; mais il est très-probable qu'on pourra y arriver dans les endroits où la circulation est plus lente, notamment dans les glandes.

La difficulté de ces expériences est d'autant plus grande, que le curare active beaucoup la circulation dans les endroits où il est administré, et par conséquent l'absorption générale, laquelle étend immédiatement l'empoisonnement à toutes les parties du corps. Quand on coupe les filets du grand sympathique se distribuant à la tête, on observe aussitôt, surtout dans la région où s'étend le nerf, et dans l'oreille, par exemple, une turgescence fort

Digitized by Google

notable des vaisseaux. Cet effet est dû à l'afflux du sang qui se produit dans ces parties par suite de la paralysie des nerfs vaso-moteurs et de la dilatation des vaisseaux qui en est la conséquence. Le curare produit des phénomènes identiques, et l'on en devine facilement la raison. Il y a en effet dans un muscle deux espèces de nerfs moteurs : d'abord les nerfs propres des fibres musculaires, puis les nerfs vaso-moteurs des vaisseaux qui rampent entre ces fibres. Ces deux espèces de nerfs ont également perdu leurs propriétés sous l'influence du curare; mais leur mort n'a pas produit les mêmes effets : la mort des premiers a rendu impossible l'action de la volonté sur le muscle; celle des seconds, dont la fonction était de contracter les vaisseaux, a eu pour résultat la dilatation de ces vaisseaux, et par suite l'afflux du sang dans le muscle. Et en effet, lorsqu'on ouvre une grenouille tuée par le curare, on constate que ses muscles sont en général plus rouges et contiennent plus de sang que ceux d'une grenouille normale simplement tuée par vivisection. Mais la surexcitation de la circulation et la chaleur plus grande des parties externes, produites par l'action du curare, se changent bientôt en un ralentissement fort notable, qui se traduit à son tour par un refroidissement considérable des oreilles, auparavant échauffées.

Fontana avait déjà remarqué que l'empoisonnement par le curare était plus actif quand on injectait le poison dans le muscle. Cette observation est parfaitement exacte. Hier même nous avons soumis trois lapins à l'action d'une même dose de curare, 2 milligrammes : les deux premiers qui ont reçu cette dose sous la peau ont été simplement paralysés, tandis que le troisième, qui l'avait reçue dans le muscle gastro-cnémien, a fini par mourir. Ce résultat peut tenir sans doute, en partie, à ce qu'il y a plus de vaisseaux dans les muscles que dans le tissu cellulaire sous-cutané, circonstance évidemment très-favorable à l'absorption; mais il tient aussi et surtout à ce que les vaisseaux sont dilatés par suite de la paralysie des nerfs vaso-moteurs, et conséquemment reçoivent dans un temps donné une quantité de sang bien plus considérable.

Voici maintenant la grenouille qui a reçu tout à l'heure dans le muscle gastro-cnémien d'une jambe une dose de curare suffisante pour l'empoisonner. Ce muscle gastro-cnémien, ou plutôt ce nerf moteur qui s'y distribue, est paralysé à l'influence de la volonté; cependant ce nerf moteur est encore irritable par un courant électrique, et il est même plus sensible à cette excitation qu'il ne le serait si l'animal n'avait pas reçu de curare, comme l'on peut s'en convaincre en opérant sur l'autre patte postérieure, qui n'a subi aucune influence toxique. La réaction d'un nerf sous l'influence volontaire ne suit donc pas toujours la même marche que son irritabilité sous l'influence électrique, et il faut se garder de confondre ces deux irritants, — l'irritant normal, volontaire ou sensitif, pour les actions réflexes, et l'irritant électrique, — dans leur mode d'action, puisque l'un peut être impuissant, quand l'autre continue à provoquer des contractions. Cela prouve aussi qu'on ne doit pas établir de parallèle nécessaire entre la réaction des nerfs à l'électricité et leur réaction aux influences normales, volontaire ou sensitive, qui sont des propriétés physiologiques, puisque nous avons ici un nerf moteur qui résiste complétement aux influences sensibles et volontaires, tandis qu'il conserve la propriété d'être excité par des courants électriques très-faibles.

Mais le cas inverse peut aussi se présenter. Ainsi, le docteur Preyer, après avoir tué la patte d'une grenouille, la laissait tomber dans l'état de rigidité cadavérique, puis il lui rendait ses propriétés en l'imbibant dans certaines substances et en y laissant aborder le sang; il put alors constater que cette grenouille reprenait la faculté de mouvoir sa patte sous l'influence de sa volonté, quoique le nerf moteur qui se distribuait dans cette patte ne fût pas encore devenu irritable par l'électricité. Il ne faut donc pas se hâter de croire, comme nous le disions plus haut, à un complet parallélisme entre les phénomènes d'irritation dus à l'électricité et ceux qui résultent de l'influence volontaire ou sensitive. On est souvent tenté d'établir ce parallélisme, parce que l'on cherche depuis longtemps à ramener l'irritation nerveuse à l'influence électrique. M. Claude Bernard ne prétend pas que cette assimilation soit impossible; mais, en l'admettant même comme démontrée, il se pourrait que les irritations électriques eussent dans le corps vivant des conditions qui lui fussent propres. D'ailleurs, ce que nous devons faire avant tout, c'est de bien établir les faits, sauf à en tirer ensuite les conséquences qui paraîtront en résulter le plus clairement.

Le curare, avons-nous dit, agit sur tous les nerfs moteurs, mais non pas sur tous en même temps. Les filets du grand sympathique sont atteints plus tard que les autres, et M. Claude Bernard avait même cru autrefois que le grand sympathique n'était pas atteint du tout par le curare, de sorte que ce corps aurait été un poison spécifique du système cérébro-spinal. En effet, M. Claude Bernard avait observé sur des animaux empoisonnés par le curare que le grand sympathique restait excitable par l'électricité, tandis que les autres nerfs, et par exemple le nerf sciatique, ne l'étaient plus. Mais c'était un tort d'en conclure que le grand sympathique n'était pas atteint par le curare, car nous venons de montrer tout à l'heure qu'un nerf peut très-bien être paralysé aux influences volontaires ou réflexes sans cesser pour cela d'être irritable par l'électricité. Aujourd'hui, du reste, M. Claude Bernard croit, d'après ses nouvelles recherches, que l'action paralysante du curare sur le grand sympathique, bien que postérieure à la paralysie des membres, commence bien plus tôt qu'on ne le suppose généralement. En effet, en observant un lapin pendant qu'il subit l'empoisonnement par le curare, on constate que très-peu de temps après la paralysie des membres le sang afflue aux oreilles et la chaleur y augmente consi-

Digitized by Google

dérablement, effet qui ne peut tenir qu'à l'action du curare sur le grand sympathique; et cependant le grand sympathique possède encore en ce moment même son irritabilité électrique, car en le soumettant à l'action d'un courant on produit le resserrement des vaisseaux de l'oreille comme on le faisait auparavant, et par suite l'afflux du sang et la chaleur animale diminuent dans cette région. En effet, quand on coupe le grand sympathique ou qu'on détruit ses propriétés par l'action du curare, les vaisseaux se dilatant et l'impulsion du cœur restant d'ailleurs la même, il se produit naturellement un grand afflux de sang. Mais, par contre, en irritant les nerfs vaso-moteurs au moyen de l'électricité, on provoque leur resserrement, ce qui diminue l'activité de la circulation et peut même l'entraver assez pour empêcher dans certaines circonstances l'empoisonnement de se produire.

M. Claude Bernard croit que les sécrétions sont précisément dues à la paralysie des nerfs vaso-moteurs des glandes et voici à la suite de quelles expériences il a été conduit à émettre ces vues nouvelles.

Depuis longtemps déjà M. Claude Bernard a montré que la glande en sécrétion présente un aspect tout particulier. A l'état de repos le sang passe en assez petite quantité dans les glandes et il en sort noir comme le sang veineux ordinaire. Au contraire, lorsque la glande entre en sécrétion, soit naturellement, soit sous l'influence d'une irritation artificielle de son nerf, on la voit se gonfler rapidement; le sang y passe en plus grande quantité et il en sort de plus en plus rouge au point de ressembler à peu près au sang artériel. Lorsque l'irritation cesse, tout rentre dans le même état qu'auparavant et ainsi de suite. Ces phénomènes caractéristiques de l'état de repos et de l'état de sécrétion découverts par M. Claude Bernard, se succèdent alternativement dans les glandes à sécrétion intermittente comme la glande salivaire, le pancréas, etc. Mais le sang sort toujours rouge des glandes à sécrétion continue comme les reins; et c'est même cette circonstance qui a mis M. Claude Bernard sur la voie de la découverte de ces faits. En ouvrant, pour des recherches tout à fait différentes, l'abdomen de divers animaux, il remarqua que le sang sortant des veines rénales était toujours plus ou moins rouge.

Toutes les glandes (glandes lacrymales, reins, glandes salivaires, pancréas, etc.) présentent des phénomènes analogues; et l'influence du curare, supprimant les propriétés des nerfs vaso-moteurs, amène la dilatation des vaisseaux, d'où résulte un état de sécrétion permanent semblable à celui qu'on peut produire pendant la vie avec des excitants convenables. D'un autre côté, M. Claude Bernard a pu constater que la destruction complète des nerfs d'une glande, produite par un moyen quelconque, provoquait dans cette glande une sécrétion continue. L'état ordinaire de la glande ne se rétablissait qu'à la suite de la régénération des nerfs.

Toutes ces expériences ont été faites sur la glande sous-maxillaire du chien, et elles sont exposées avec détail dans l'avant-dernière leçon du cours de *physiologie générale*, professé l'année dernière à la Sorbonne, par M. Claude Bernard (voy. l'année courante de la *Revue des cours scientifiques*, numéro du 17 décembre 1864). La glande sous-maxillaire forme chez le chien une masse arrondie recevant une artère de la carotide externe et émettant un rameau veineux qui va rejoindre la veine jugulaire externe. L'action du système nerveux sur cette glande s'exerce au moyen de filets nerveux provenant de la corde du tympan, nerf moteur, et du ganglion cervical supérieur qui fait partie du grand sympathique; enfin elle est munie d'un conduit excréteur amenant la salive dans la bouche. Quand la glande est en repos, le sang y entre rouge et en sort noir; le conduit excréteur ne donne pas de salive. Mais qu'on irrite la langue en y déposant un peu de vinaigre : le nerf lingual irrité (c'est un nerf sensitif) réagit aussitôt sur la corde du tympan, nerf moteur, qui provoque la dilatation des vaisseaux de la glande et par suite un grand afflux de sang dans cette glande, d'où résulte la sécrétion. On appelle donc la corde du tympan *nerf sécréteur*, parce que l'on considère la sécrétion comme particulièrement due à son influence; et en effet, lorsqu'on irrite directement ce nerf au moyen de l'électricité, on observe des phénomènes tout à fait semblables à ceux que produit l'action réflexe que nous venons de décrire.

M. Claude Bernard ne peut s'expliquer l'action du nerf sécréteur qu'en admettant qu'il paralyse les rameaux du grand sympathique, dont le rôle à l'état ordinaire est de resserrer les vaisseaux. Si l'on rejetait cette explication, il faudrait admettre que la corde du tympan dilate directement les vaisseaux de la glande sous-maxillaire, hypothèse qui ne se comprend pas dans l'état actuel de la science, car on devrait supposer des fibres de dilatation dont on n'a jamais trouvé la moindre trace, et d'ailleurs on ne voit pas trop comment pourraient fonctionner ces fibres, puisqu'il n'y a pas moyen, — faute de point fixe, — de supposer là un mécanisme analogue à celui qui produit dans l'iris la dilatation de la pupille.

Voilà donc l'explication des sécrétions qui paraît le mieux en harmonie avec les idées actuelles. Du reste, la physiologie du système nerveux en est encore à ses débuts, et il faut bien reconnaître que l'on ne connaît presque rien de bien net sur les actions propres de ce système.

On peut faire des expériences sur les sécrétions en employant le curare comme moyen de provoquer la dilatation des vaisseaux de la glande. Mais il ne suffit pas, pour produire ainsi la sécrétion, d'empoisonner les nerfs moteurs par le curare, il faut encore pratiquer la respiration artificielle, car il est évident que, si on ne le fait pas, la mort arrivera assez rapidement; et le poumon ne fonctionnant plus, le cœur, sans cesser tout à fait de battre, s'affaiblit au bout d'un certain temps et

Digitized by Google

ne lance plus que du sang noir et en plus petite quantité. La sécrétion exige probablement un rapport particulier entre le sang et les éléments intimes de la glande qui doivent retirer de ce sang certains principes spéciaux; or, il est évident que le resserrement ou la dilatation des vaisseaux peut modifier ces rapports.

Cette action du curare sur les sécrétions devra être prise en sérieuse considération lorsque cette substance entrera dans la thérapeutique, ce qui ne peut manquer d'arriver. En effet, lorsque les propriétés du curare seront bien établies, comment pourrait-on blâmer le médecin qui appliquerait au traitement des malades les connaissances physiologiques de son temps? Presque tous les médicaments se sont introduits dans la thérapeutique par pur empirisme et avant qu'on en connaisse les propriétés physiologiques; mais quand l'action du curare sur toute l'économie sera bien établie, ce sera au moins une raison de l'employer en se fondant sur les connaissances acquises à ce sujet.

Les phénomènes dus à l'action du curare établissent donc une distinction entre l'irritabilité électrique du nerf moteur qui survit à l'influence de ce poison donné à petite dose, et l'irritabilité naturelle, produite par la volonté ou la sensibilité, qui n'y survit pas. Ils conduiront peut-être à repousser l'assimilation que les physiologistes tendent maintenant à établir entre l'électricité et l'influence nerveuse, tendance fort naturelle du reste, car il est évident que la seule chose à laquelle on puisse comparer l'influence nerveuse, c'est l'électricité. Mais, tout en partageant ces idées dans une certaine limite, comme on l'a vu plus haut, M. Claude Bernard insiste sur ce fait, que l'irritabilité électrique survit ici à la disparition de l'influence nerveuse, volontaire ou sensitive, de même que celle-ci, dans certains cas, existe en l'absence de l'irritabilité électrique. Et l'on ne peut pas dire que, si l'irritabilité électrique se montre encore quand l'irritabilité volontaire ne peut plus agir dans le nerf moteur atteint par le curare, cela tient à ce que l'impressionnabilité du nerf moteur a diminué et ne peut plus être sollicitée par la volonté, tandis qu'elle peut l'être par un fort courant électrique. En effet, l'irritabilité électrique, loin d'être diminuée par l'action du curare, comme le suppose cette théorie, est, au contraire, notablement augmentée dans les premiers instants de la paralysie du nerf, de sorte qu'un nerf moteur atteint par ce poison, qui résiste complétement à l'influence volontaire, est parfois, au contraire, plus sensible à l'irritant électrique qu'il ne le serait à l'état normal.

Nous avons vu que le curare agit sur le système nerveux moteur des appareils de la vie extérieure comme sur celui des appareils de la vie intérieure, et, pour ces derniers, son influence se manifeste notamment sur les sécrétions, dont elle provoque une exagération considérable. De l'observation de ces faits, M. Claude Bernard fut conduit à considérer le système nerveux comme un frein arrêtant l'action des glandes par son action de contraction sur les vaisseaux, de sorte que sa suppression par le curare ou tout autre moyen produit immédiatement l'état de sécrétion. M. Claude Bernard est le premier qui ait développé ces idées expérimentalement.

Parmi les différents phénomènes provoqués par l'influence du curare dans l'organisme, il en est un, fort intéressant au point de vue médical comme au point de vue physiologique, et que M. Claude Bernard rapporte à l'action de ce poison sur les sécrétions : c'est la production artificielle du diabète que l'on peut obtenir chez un animal en lui donnant des doses convenables de curare.

On sait que l'urine diabétique est caractérisée par ce fait, qu'elle contient du sucre en quantité plus ou moins considérable, suivant l'intensité de la maladie; mais à part cela, cette urine ne diffère pas sensiblement de l'urine normale.

Quelques explications sur les diverses théories que l'on a données de cette maladie nous fourniront l'occasion de montrer, d'une manière irréfutable, que l'on peut faire de la pathologie expérimentale très-fructueuse. C'est là, en effet, un des points sur lesquels la physiologie a le plus contribué à éclairer la pathologie. La méthode suivie dans cette circonstance est la seule qui permette d'étudier expérimentalement les maladies, car, sur l'homme, on ne peut évidemment pas faire des autopsies à toutes les époques de la maladie, et dès lors il est impossible de suivre régulièrement le développement des phénomènes morbides, pour tâcher d'en saisir les conditions. Quelques médecins prétendent bien que la pathologie et la physiologie sont deux choses tout à fait distinctes; mais nous ne nous arrêterons pas à ces idées : autant vaudrait soutenir qu'il y a certaines lois mécaniques pour élever les maisons et des lois mécaniques différentes pour les détruire. Sans doute, cette opposition peut paraître vraie quand on compare les points obscurs des deux sciences, mais ce n'est pas sur ces points que doit porter la comparaison; c'est sur les sujets mieux étudiés et mieux connus : or, là il est impossible de nier l'identité des lois et la parité des phénomènes.

Le diabète est une de ces maladies dont les conditions, sinon les causes essentielles, commencent à être assez bien connues, et qui appartiennent tout à la fois à la physiologie et à la pathologie.

Le premier point qui attira l'attention dans l'étude de cette maladie, ce fut naturellement l'origine du sucre dont la présence dans les urines était un caractère distinctif de cette affection morbide. En remontant assez haut dans l'histoire de la science, on voit Rollo considérer ce sucre comme un résultat de la dépravation des organes digestifs, qui, au lieu de faire des substances nutritives avec les aliments qu'on leur donnait, les transformaient en sucre. A ce point de vue, le sucre des

Digitized by Google

urines diabétiques aurait donc été un véritable produit pathologique.

Avec les progrès de la physiologie, ces idées ne tardèrent pas à devenir tout à fait insoutenables. Divers savants, surtout Tiedemann et Gmelin, démontrèrent que nous mangions de l'amidon. Cette substance se transformait en sucre dans l'intestin, sous des influences chimiques parfaitement naturelles et normales.

On a admis plus tard que les personnes en bonne santé détruisaient ce sucre dans le jeu des fonctions vitales, tandis que les individus diabétiques ne pouvaient plus le faire, et que c'était pour cela que l'on retrouvait ce sucre dans leurs urines.

C'était là une théorie toute chimique du diabète; et, comme conséquence de ces idées, on supprimait complétement le sucre de l'alimentation des diabétiques.

Mais employer un pareil moyen, cela équivaut à couper le bras malade pour guérir le mal qui s'y est produit; on enlève le symptôme, mais on ne guérit pas le mal. En un mot, ce n'est pas un véritable remède. On supposa aussi que ce qui empêchait le sucre de se détruire, c'était le défaut d'alcalinité du sang; et pour combattre les effets de cette prétendue altération du sang, on donna des alcalis aux diabétiques. Mais malgré tous ces moyens, le sucre se montrait toujours dans les urines, et la physiologie du diabète restait fort obscure.

Lorsque M. Claude Bernard commença à s'occuper de cette question, dominé comme tout le monde par la théorie chimique qui était alors universellement adoptée, il chercha d'abord si c'était bien le défaut d'alcalinité du sang qui empêchait le sucre de se détruire, et comment il se détruisait à l'état normal. Mais dans le cours de ces expériences, il fut très-étonné de trouver du sucre dans les animaux où il n'en avait pas mis, et cela le conduisit à découvrir dans l'économie un organe producteur du sucre au lieu de l'organe destructeur qu'il y cherchait. C'est ce qui arrive du reste fort souvent dans les expériences physiologiques, et une des principales qualités de l'expérimentateur, c'est de savoir se rendre aussitôt, sans persister dans l'idée fausse qui avait d'abord guidé son expérience.

Cet organe producteur de sucre que chaque animal porte en lui, c'est le foie; et cette découverte démontrait péremptoirement que les végétaux n'ont pas seuls le privilége de faire du sucre, ou, plus généralement, de produire des principes immédiats. M. Claude Bernard assimila cette fonction du foie à une véritable sécrétion. Il y a en effet deux sortes de sécrétions, les unes externes, et mieux connues, dont les produits se déversent en dehors de l'organisme, comme les sécrétions salivaire, lacrymale, etc.; puis des sécrétions internes, et celle-ci était du nombre. Les sécrétions se produisent dans les cellules des glandes; mais nous trouvons dans le foie, dans la rate, dans le corps thyroïde, dans les capsules rénales, etc., des exemples de sécrétions internes. La sécrétion biliaire déjà placée dans le foie ne doit pas nous embarrasser, car M. Cl. Bernard a reconnu dans le foie un organe double, une glande biliaire à sécrétion externe et un organe glycogénique à sécrétion interne. M. Robin a admis la même opinion.

Le sang des veines, et surtout des veines hépatiques, contient toujours du sucre, et M. Claude Bernard fit de nombreuses expériences pour doser la quantité de sucre que contenait ce sang des veines. Mais ces expériences lui donnaient des résultats extrêmement variables, et il chercha longtemps en vain la raison de ces différences. Puis il finit par remarquer que la quantité de sucre était d'autant plus considérable qu'il opérait plus tard après la mort. Mais comment mettre ce résultat en évidence. M. Claude Bernard y songea longtemps, et M. Berthelot, à qui il en parlait souvent, lui disait qu'il pouvait se passer là quelque chose d'analogue au dédoublement de l'amygdaline, qui se produit sous l'influence de l'émulcine. Mais c'était en vain qu'on cherchait dans le foie une substance capable de se dédoubler de manière à produire du sucre.

M. Claude Bernard fit enfin une expérience aussi simple que concluante : il introduisit le robinet d'une fontaine dans la veine porte, et il lava ainsi le foie, de manière à enlever toutes les matières solubles qui s'y trouvaient, et notamment le sucre. Au bout d'un certain temps, on constatait que du sucre s'était produit en quantité considérable dans le foie ainsi lavé; il y avait donc dans ce foie une matière glycogène, et M. Claude Bernard démontra que c'était de l'amidon à un état physique un peu différent de l'état où il se trouve dans les végétaux.

Ce sont ces données, dues à M. Claude Bernard, qui devront devenir le pivot des théories du diabète. M. Claude Bernard considère le diabète comme un dérangement de la fonction du foie et non comme un trouble de la digestion, ainsi qu'on le supposait. D'un autre côté, le diabète n'est pas une maladie aiguë, puisqu'il faut se bien porter pour être diabétique. Les fièvres, en général, notamment les fièvres éruptives et inflammatoires, guérissent ou du moins suspendent le diabète, comme on l'a souvent observé; mais, d'un autre côté, le diabète peut produire à sa suite des affections graves consécutives, comme la phthisie.

Les conditions du diabète une fois connues, M. Claude Bernard chercha à le produire artificiellement. Il y arriva en piquant la moelle allongée dans la partie supérieure, près de la base du nerf pneumogastrique, au niveau du plancher du quatrième ventricule. C'est, du reste, une hypothèse parfaitement fausse en elle-même qui le conduisit à faire cette expérience. En effet, le diabète n'étant qu'une hypersécrétion du foie, il semblait naturel de supposer qu'en irritant la base du pneumogastrique, dont les filets se distribuent au foie, on exagérerait la fonction glycogénique de cet organe, ce qui amènerait un diabète artificiel; mais cette hypo-

Digitized by Google

thèse était fausse, puisqu'on obtenait le même résultat en coupant le nerf pneumogastrique qu'en irritant sa base.

Il y a longtemps déjà que M. Claude Bernard a laissé ces expériences pour en entreprendre d'autres; il y reviendra plus tard, pour tâcher d'obtenir une systématisation complète de tous ces faits. Mais il voudrait aujourd'hui parler d'une objection qu'on a faite à ses idées, et qui porte, si l'on peut ainsi parler, sur la doctrine physiologique même.

Le bourgeonnement des cellules glandulaires, qui produit la matière glycogène, ne peut évidemment se produire que sur l'animal vivant; mais le sucre se forme très-bien dans le foie après la mort. Or, dans ces derniers temps, M. Pavy, reprenant les faits découverts par M. Claude Bernard, les a interprétés au moyen d'idées vitalistes inadmissibles. Il a soutenu que le sucre ne se formait dans le foie qu'après la mort, de sorte que le diabète serait une mort anticipée. Il se fonde particulièrement sur ce que les quantités de sucre indiquées par M. Claude Bernard comme contenues dans le foie étaient beaucoup trop fortes. Il est vrai que les quantités indiquées étaient trop considérables, ce qui s'explique facilement, puisque M. Claude Bernard ignorait alors l'existence dans le foie de la matière glycogène, qu'il y découvrit plus tard. Mais cependant ces quantités de sucre, pour être plus petites, ne sont pas nulles pendant la vie, comme le dit M. Pavy, car il est certain que les veines sus-hépatiques sont toujours chargées de sucre. Seulement, pendant la vie, la circulation enlève le sucre au fur et à mesure de sa production. Le sang du foie contient donc toujours du sucre; mais son tissu n'en contient pas quand la circulation est assez active; les rameaux de la veine porte entourant les îlots de cellules hépatiques où se forme le sucre l'enlèvent rapidement; après la mort, au contraire, la circulation est arrêtée, et le foie s'imbibe de sucre. Lorsqu'on prend le sang du foie, on y trouve toujours beaucoup de sucre; mais si l'on extrait le sang du foie, puis qu'on ne garde que du tissu, on n'y trouve plus de sucre, ou on n'en trouve que très-peu. C'est là un fait qui a induit M. Pavy en erreur. Mais quant à sa théorie, elle est tout à fait erronée, et c'est même une hypothèse qui est en retard de plusieurs siècles sur les idées scientifiques actuelles.

En effet, c'est s'inspirer des doctrines vitalistes surannées que de faire une pareille distinction entre la vie et la mort, l'état de santé et l'état de maladie. La vie n'est qu'un ensemble harmonique de phénomènes qui s'entretiennent les uns les autres, et pas autre chose. Tous les phénomènes de la mort, c'est-à-dire les décompositions organiques, se produisent continuellement chez nous, et si nous ne nous en apercevons pas, c'est que la circulation en emporte continuellement les produits, et que nous réagissons, pour réparer nos pertes, par la renaissance de principes organiques nouveaux.

Les mots *vie* et *mort* sont des expressions littéraires qui nous représentent des ensembles de phénomènes que nous distinguons sans doute; mais nous ne saurions voir là, comme l'ont fait les anciens vitalistes, une opposition complète entre les phénomènes de la vie et ceux de la mort. Il n'y a pas du tout opposition entre les lois de la vie et de la mort; car ces deux états sont liés l'un à l'autre. Sans entrer dans aucun développement qui nous entraînerait trop loin, nous dirons seulement qu'il y a dans les êtres vivants des phénomènes physico-chimiques que nous pouvons facilement reproduire, même en dehors de tout organisme vivant; puis des phénomènes appelés vitaux, comme la production des éléments et tissus vivants tels que celle des globules du sang, du tissu musculaire, d'un élément histologique quelconque : dans l'état actuel de la science, on peut dire que ces derniers ne se produisent qu'au milieu d'un organisme vivant.

Mais soutenir que les phénomènes physiologiques physico-chimiques qui se passent en dehors de l'organisme ne peuvent se manifester dans l'animal vivant et n'apparaissent seulement qu'après la mort, c'est se mettre en opposition flagrante avec les faits les mieux constatés de la science. C'est comme si l'on disait que parce qu'il se forme de l'acide carbonique dans les tissus organisés après la mort, il ne peut pas s'en produire pendant la vie.

Dans la production du sucre par le foie, il y a un phénomène vital : c'est la production de l'amidon animal ou matière glycogène, qui n'a lieu que pendant la vie; puis un phénomène physico-chimique, qui consistera dans la transformation de cet amidon en sucre, sous l'influence de principes diastatiques, et qui a lieu aussi bien après la mort que pendant la vie, et aussi bien pendant la vie qu'après la mort, pourvu que les conditions des phénomènes existent; et elles existent toujours à des degrés divers.

Le curare, par son action d'exagération sur toutes les sécrétions, en augmentant la quantité du sang qui circule dans les glandes, produit le même phénomène dans le foie, et permet de rendre un animal diabétique; mais pour que l'expérience puisse bien marcher, il faut pratiquer la respiration artificielle, afin d'entretenir la circulation normale pendant un temps assez long pour que le sucre produit en excès puisse passer dans l'urine.

Ici nous retrouvons toujours le même effet de l'action du curare, c'est-à-dire la paralysie des nerfs vaso-moteurs du foie. Vous voyez aussi comment nous pouvons faire rentrer dans une même explication simple tous les phénomènes très-variés que nous offre l'empoisonnement par le curare. Mais ce n'est point encore tout; il y a une foule d'autres détails plus délicats, plus intéressants des phénomènes qu'il nous importe d'analyser encore, si nous voulons compléter l'histoire du curare, et en faire une substance dont l'action puisse être utilisée scientifiquement en thérapeutique.

Digitized by Google

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

COURS DE M. BERTHELOT (1).

### IV.

**Histoire des éthers. — Éther ordinaire (suite).**

Les relations d'hydratation et de déshydratation entre l'alcool, $C^4H^6O^2$, et l'éther, $C^4H^5O$, entrevues par Baumé, ne prirent pas aussitôt leur place dans la science. Comme il arrive souvent, lorsque les notions théoriques offrent quelque confusion, la théorie véritable disparut, et la théorie illusoire, fondée sur les phénomènes d'oxydation, prévalut, sans doute parce qu'à cette époque les principaux phénomènes connus en chimie minérale, tels que la formation des acides, celle des oxydes et l'action des acides sur les métaux, s'expliquaient très-nettement par des oxydations.

L'éthérification parut d'abord devoir s'expliquer de la même manière, et la trace de ces idées se retrouve jusque vers 1830 dans les discussions relatives à l'acide sulfovinique, et alors qu'elles étaient complétement oubliées à l'égard de l'éther ordinaire.

La découverte qui a surtout contribué à faire disparaître cette théorie, l'éthérification fondée sur l'oxydation, est la découverte du gaz oléfiant : c'est là le point de départ de nos théories actuelles sur les alcools et sur leurs relations avec les carbures d'hydrogène.

Le gaz oléfiant s'obtient en traitant de l'alcool par un excès d'acide sulfurique. C'est le produit ultime de la réaction, l'huile véritable, c'est-à-dire le carbure d'hydrogène qui résulte d'une déshydratation complète de l'alcool. Il avait d'abord passé inaperçu, à cause de sa forme gazeuse. Sa découverte est due à quatre chimistes hollandais, Deiman, Van Troost-Wyk, Bondt et Lauwerenburg (1796). Ils l'obtinrent également en faisant passer la vapeur de l'alcool sur de la silice ou de l'alumine chauffée au rouge, et ils constatèrent que ce gaz était un hydrogène carboné, composition qui le rapprochait d'un autre gaz découvert par Volta, le gaz des marais. Or, à cette époque, bien que la composition centésimale eût été trouvée un peu différente, l'un des deux corps contenant 84 parties de carbone et l'autre 75, cependant les idées sur la composition définie des corps étaient si peu précises, que les deux gaz risquaient d'être confondus; mais si le nouveau gaz jouissait d'une propriété caractéristique et qui attira dès l'origine vivement l'attention, c'est la propriété qu'il possède de se combiner avec son volume de chlore à la température ordinaire, pour donner naissance à un liquide huileux, la liqueur des Hollandais :

$$C^4H^4 + Cl^2 = C^4H^4Cl^2.$$

Le gaz oléfiant tira son nom de la formation de ce composé. Par la combustion des mélanges de ces deux gaz, on obtient un résultat bien différent, car il se dépose du charbon sur les parois de l'éprouvette, et il se dégage de l'acide chlorhydrique.

De 1805 à 1810, commencèrent à s'introduire dans la science des notions plus précises sur la constitution des corps. Les idées de Proust sur les combinaisons définies reçurent une éclatante confirmation dans les découvertes de Dalton, le fondateur de la théorie atomique, et de Gay-Lussac, qui a fixé les lois de la combinaison entre substances gazeuses. Ces lois n'étaient autre chose qu'une forme remarquable de la théorie des équivalents.

Elles furent appliquées aussitôt au gaz des marais et au gaz oléfiant : on reconnut que le premier de ces gaz, pour la même quantité d'hydrogène, renferme moitié moins de carbone que le second. De là les noms d'hydrogène protocarboné donné au gaz des marais et d'hydrogène bicarboné donné au gaz oléfiant.

De Saussure reprit alors l'analyse de l'éther par les deux procédés qu'il avait employés pour analyser l'alcool. Ici la méthode eudiométrique était facilement applicable, en raison de la grande volatilité de l'éther qui permet de le traiter à la façon des gaz permanents. De Saussure trouva que le rapport du volume de l'acide carbonique produit, à celui de l'oxygène employé, était absolument le même que pour l'alcool et pour le gaz oléfiant, c'est-à-dire celui de 2 à 3.

De Saussure en conclut que l'éther, comme l'alcool, ne diffère de l'hydrogène bicarboné que par les éléments de l'eau. Il admit en outre, en corrigeant légèrement ses analyses, que l'alcool peut fournir, en se décomposant, une quantité d'eau double de celle que produit l'éther, pour un même poids de gaz oléfiant.

Enfin Gay-Lussac donna une expression plus complète et définitive du rapport qu'il y avait entre ces trois corps, par la comparaison des densités de vapeur. A l'aide d'un appareil que je mets sous vos yeux, il détermina les nombres suivants :

| | |
|---|---|
| Densité de vapeur d'alcool. . = | 1,613 |
| Densité de vapeur d'eau. . . . | 0,625 ($H^2O^2$). |
| D'ailleurs la densité de l'hydrogène bicarboné. . . . . | 0,978 ($C^4H^4$). |

La somme des poids d'un litre d'hydrogène bicarboné et d'un litre de vapeur d'eau,

C'est-à-dire. . . . . 1,603

est sensiblement égale au poids d'un litre de vapeur d'alcool. Un litre de vapeur d'alcool renferme donc les éléments d'un litre d'hydrogène bicarboné et d'un litre de vapeur d'eau, le tout réduit à moitié par la condensation.

Les mêmes relations s'appliquent à l'éther ordinaire. En effet, sa densité fut trouvée égale à 2,59.

Or, on a :

| | |
|---|---|
| 2 litres hydrogène bicarboné = 0,978 × 2 = | 1,956 |
| 1 litre vapeur d'eau.. . . . . | 0,625 |
| Somme. . . . . | 2,581 |

(1) Voy. les nos 4, 6 et 10.

Digitized by Google

Nombre qui diffère à peine du précédent. Il donne lieu à un autre rapprochement fort intéressant; car on a aussi :

| | |
|---|---|
| 1 litre de vapeur d'alcool. . . . . | 1,613 |
| 1 litre d'hydrogène bicarboné . . | 0,978 |
| Somme. . . . . | 2,591 |

Résultats que l'on peut traduire par les formules équivalentes suivantes :

$$2C^4H^4 + H^2O^2 = C^8H^{10}O^2.$$
$$C^4H^6O^2 + C^4H^4 = C^8H^{10}O^2.$$

Ces relations furent étendues par Ampère, qui fit remarquer que l'éther chlorhydrique résultait de la combinaison à volumes égaux d'hydrogène bicarboné et d'acide chlorhydrique :

$$C^4H^4 + HCl = C^4H^5Cl.$$

Ce même physicien fit également observer que la liqueur des Hollandais, d'après les analyses de Robiquet et de Colin, et la densité de sa vapeur renfermait volumes égaux d'hydrogène bicarboné et de chlore condensés de moitié :

$$C^4H^4 + Cl^2 = C^4H^4Cl^2.$$

Relations qui s'accordaient parfaitement avec le mode de formation de ce composé.

Ces relations montrent que toutes ces substances sont unies par des liens fort étroits; elles nous expliquent pourquoi l'on peut si facilement les transformer les unes dans les autres. Les notions si précises que nous venons d'exposer représentent le premier groupe de faits que l'on ait réussi à enchaîner les uns aux autres en chimie organique; elles ont servi de point de départ à l'établissement de toutes ces belles séries de lois et de métamorphoses méthodiques qui constituent aujourd'hui le domaine de notre science. Ce qu'elles présentent de vraiment important, c'est qu'elles se déduisent immédiatement de l'expérience, et qu'elles sont par conséquent indépendantes de toute théorie symbolique.

Gay-Lussac les poussa plus avant encore; voulant pénétrer plus profondément ces phénomènes, il rechercha l'origine de l'alcool dans la fermentation du sucre. Cette recherche nécessitait la connaissance préalable de la composition de ce dernier principe. Gay-Lussac et Thenard en avaient fait l'analyse sept ans auparavant. Gay-Lussac fit voir qu'en corrigeant légèrement son analyse, c'est-à-dire en admettant dans le sucre 40 pour 100 au lieu de 42 pour 100 de carbone, comme le voulait l'analyse, on pouvait représenter d'une façon très-satisfaisante l'ensemble des phénomènes de la fermentation par une équation de volumes analogue aux précédentes. Cependant ses analyses étaient exactes; mais la modification qu'il leur faisait subir atteste toute la pénétration de son esprit. Car son raisonnement était exact pour le sucre de raisin, tandis que ses expériences avaient porté sur le sucre de canne, qui en diffère par un équivalent d'eau :

$$C^{12}H^{11}O^{11};$$

or, on sait aujourd'hui qu'avant de fermenter, le sucre de canne fixe précisément la quantité d'eau nécessaire pour être ramené à la composition d'un sucre,

$$C^{12}H^{12}O^{12},$$

qui ne renferme en effet que 40 pour 100 de carbone. Ce dernier corps, en se dédoublant, donne volumes égaux d'acide carbonique et d'alcool, conformément à la théorie de Gay-Lussac :

$$C^{12}H^{12}O^{12} = 2C^2O^4 + 2C^4H^6O^2.$$

Il y a cependant un léger déficit, dû à la formation constante d'une petite quantité de glycérine et d'acide succinique, comme l'a reconnu M. Pasteur.

Récapitulons maintenant les relations qui existent entre les composés formés par l'alcool, l'éther, le gaz oléfiant, les acides et le chlore.

On a d'abord une première relation, qui est la suivante :

1 vol. de gaz oléfiant + 1 vol. de vapeur d'eau = 1 vol. vap. d'alcool.

Cette équation est une relation de poids qui représente sans hypothèse la composition de l'alcool.

Il y a maintenant les trois relations suivantes :

1 vol. gaz oléfiant + 1 vol. vapeur d'alcool = 1 vol. vap. d'éther.

1 vol. gaz oléfiant + 1 vol. d'acide chlorhydrique = 1 vol. d'éther chlorhydrique.

1 vol. gaz oléfiant + 1 vol. chlore = 1 vol. liqueur des Hollandais.

Cette quatrième relation ne repose plus seulement sur des résultats analytiques comme les précédentes, mais bien sur une véritable synthèse.

Telles sont les relations fondamentales qui ont été établies entre l'hydrogène carboné (gaz oléfiant) d'une part, l'alcool, l'éther ordinaire, l'éther chlorhydrique et la liqueur des Hollandais d'autre part.

D'ailleurs, Gay-Lussac admettait que l'hydrogène bicarboné renferme les éléments d'un volume de vapeur de carbone et d'un volume d'hydrogène, avec condensation de moitié; il savait aussi qu'un volume de vapeur d'eau renferme un volume d'hydrogène et un demi-volume d'oxygène; enfin que l'acide chlorhydrique résulte de la combinaison à volumes égaux du chlore et de l'hydrogène, sans condensation. C'est donc lui qui a fixé définitivement nos connaissances sur toutes ces relations. Si nous substituons au langage des volumes qu'il employait la notation actuelle des équivalents, les relations qui précèdent prendront les formes suivantes :

$$C^4H^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2.$$
$$C^4H^4 + C^4H^6O^2 = C^8H^{10}O^2.$$
$$C^4H^4 + HCl = C^4H^5Cl.$$
$$C^4H^4 + Cl^2 = C^4H^4Cl^2.$$

Digitized by Google

L'équivalent de tous ces corps correspond à quatre volumes.

Ces quatre égalités ne sont autre chose que les relations de Gay-Lussac, traduites dans le langage de nos formules actuelles, d'après le système de Berzelius; il n'y a là aucune idée fondamentale nouvelle, mais seulement emploi d'une langue plus concise et plus expéditive.

Ajoutons que les expériences synthétiques de M. Berthelot sont venues apporter une dernière confirmation à tous ces faits, en reproduisant effectivement l'éther chlorhydrique par l'union de l'hydrogène bicarboné et de l'acide chlorhydrique, et l'alcool par l'union de ce même hydrogène bicarboné avec la vapeur d'eau.

### LES ÉTHERS COMPOSÉS.

L'éther ordinaire, on l'a vu, provient de l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool; reportons-nous maintenant en arrière, afin de voir comment les idées qui ont prévalu dans la science au sujet des autres éthers dont la nature est bien différente se sont successivement établies. Au début, l'éther ordinaire et les éthers composés furent confondus, et ce n'est qu'avec Thenard que cesse définitivement cette confusion.

Passons rapidement en revue les principaux éthers connus au XVIII^e siècle. Les premières expériences eurent lieu principalement avec l'acide nitrique, l'acide marin (chlorhydrique) et l'acide du vinaigre.

L'éther marin fut obtenu à l'origine par l'action de certains chlorures métalliques sur l'alcool. C'est ainsi que Basile Valentin se servit du beurre d'antimoine (protochlorure) et de la liqueur de Libavius (bichlorure d'étain). Lorsque, en effet, l'on verse de la liqueur de Libavius dans une petite cornue contenant de l'alcool, il se produit immédiatement une vive réaction, le liquide entre en ébullition et il se dégage un produit volatil qui est un mélange d'éther ordinaire et d'éther chlorhydrique: ce mélange fut regardé pendant longtemps comme de l'éther ordinaire légèrement modifié.

Ces recherches furent reprises au XVIII^e siècle, en opérant sur un mélange d'alcool et d'acide chlorhydrique; mais on n'obtint aucun résultat satisfaisant, sans doute à cause de la grande volatilité de l'éther chlorhydrique qui bout à 11 degrés et qui échappait sous forme gazeuse.

Courtenvaux eut de nouveau recours à la liqueur de Libavius, qui est une source d'acide chlorhydrique en présence de l'eau; mais, ainsi qu'on vient de le dire, il y a également production d'éther ordinaire. Dès lors, il restait beaucoup d'incertitude sur la nature du composé obtenu.

Cependant de la Planche l'obtint positivement, en faisant agir sur l'alcool un mélange de chlorure de sodium et d'acide sulfurique, procédé qui est encore usité aujourd'hui; mais il ne réussit pas à éclaircir définitivement le sujet.

L'acide qui fut ensuite expérimenté à l'égard de l'alcool, c'est l'acide nitrique; ce qui conduisit à la découverte de l'éther nitreux. Le médecin Navier, qui le premier tenta cette expérience, opérait dans une bouteille ordinaire, à parois très-résistantes; il y introduisait un mélange d'alcool et d'acide nitrique, puis il fermait hermétiquement la bouteille à l'aide d'un bon bouchon. Il abandonnait le tout à lui-même pendant deux jours, puis il perçait le bouchon pour laisser dégager les gaz permanents produits dans la réaction. Mais l'expérience ainsi conduite était difficile et même dangereuse, car la plupart des bouteilles éclataient spontanément pour peu l'on attendît trop longtemps avant de percer le bouchon. On parvint d'abord à atténuer cette réaction par l'emploi d'un excès d'alcool. Baumé reconnut que les proportions les plus convenables étaient 1 d'acide fumant pour 1 1/2 d'alcool.

Black simplifia ensuite le procédé par l'artifice suivant: On verse dans une fiole, à l'aide d'une pipette, huit parties en poids d'acide nitrique monohydraté; on amène à la surface, à l'aide de la pipette, quatre parties d'eau; puis on met sur cette dernière couche neuf parties d'alcool, de manière à obtenir trois couches superposées qui ne se mêlent que très-lentement et par diffusion. Il se manifeste au bout de quelque temps une coloration bleue très-remarquable, qui disparaît peu à peu; en dernier lieu l'on obtient deux couches, dont la supérieure, légèrement jaunâtre, est un mélange d'éther nitreux et d'aldéhyde. C'est qu'en effet, il y a là un phénomène d'oxydation qui donne lieu à une réaction secondaire :

$$AzO^5,HO + C^4H^6O^2 = AzO^3,HO + H^2O^2 + C^4H^4O^2.$$

L'acide nitreux, ainsi produit, réagit à son tour sur l'alcool :

$$AzO^3,HO + C^4H^6O^2 = AzO^3,C^4H^5O + H^2O^2.$$

En réunissant ces deux équations, il vient :

$$AzO^5,HO + 2C^4H^6O^2 = C^4H^4O^2 + AzO^3,C^4H^5O + 2H^2O^2.$$

Égalité qui indique que quatre-vingt-douze parties d'alcool réagissent sur soixante-trois parties d'acide, ce qui justifie le rapport de 3 à 2 indiqué empiriquement par Baumé. L'aldéhyde produit dans cette réaction fut d'ailleurs confondu avec l'éther.

Un troisième éther fut découvert au XVIII^e siècle par le comte de Lauraguais : il expérimenta sur un mélange de parties égales d'alcool très-rectifié (à 92 degrés), et de l'acide concentré du vinaigre. Ce dernier était obtenu en soumettant à la distillation les cristaux de Vénus, c'est-à-dire l'acétate de cuivre formé dans la saturation du vinaigre par le cuivre oxydé au contact de l'air. Ces cristaux distillés donnent du vinaigre radical, c'est-à-dire de l'acide acétique concentré, contenant quelques produits empyreumatiques, principalement de l'acétone.

Lauraguais vit que pour obtenir un résultat satisfaisant, il fallait distiller jusqu'à douze ou quinze fois le même mélange d'alcool et d'acide; finalement, on ob-

Digitized by Google

tient un liquide doué d'une odeur agréable, formé en grande partie d'éther acétique. Mais on ne sut pas le distinguer bien nettement de l'éther ordinaire. Cette préparation était du reste difficile; on chercha à la rendre plus facile, en abandonnant le mélange à lui-même pendant sept ou huit jours à une douce chaleur, avant de procéder à la distillation.

Ainsi les faits se multipliaient, les expériences commençaient à être exécutées suivant une méthode régulière et scientifique, mais les idées sur la nature des produits obtenus demeuraient confuses. On croyait que tous les corps obtenus dans les réactions précédentes étaient de l'éther ordinaire, légèrement modifié par la présence d'une petite quantité de l'acide générateur. Il ne pouvait du reste en être autrement, si l'on pense que la loi des proportions multiples était à découvrir, et que l'on ignorait encore la notion de l'espèce chimique, ou principe immédiat défini par l'invariabilité de ses propriétés physiques et chimiques.

Cette confusion cessa en partie à la fin du XVIIIe siècle, grâce aux expériences de Scheele. L'illustre chimiste s'attacha surtout à définir ce point fondamental : un éther renferme-t-il, au nombre de ses éléments constituants, l'acide qui a servi à le préparer? Il opéra d'abord sur l'éther chlorhydrique, lequel ne donne aucun précipité par le nitrate d'argent; il le fit brûler en présence de ce dernier sel, et il vit se former un abondant précipité de chlorure d'argent. Scheele en conclut avec raison que l'acide marin faisait partie de l'éther chlorhydrique.

Il fit ensuite bouillir l'éther acétique avec de la potasse caustique, et il obtint comme résidu dans la cornue de l'acétate de potasse. Enfin, il appliqua la même réaction à l'éther benzoïque qu'il venait de découvrir, et qui se distinguait des autres éthers, tant par sa faible volatilité que par son aspect huileux caractéristique; il chauffa donc ce liquide avec de la potasse, et en traitant le résidu par un acide, il obtint un abondant précipité d'acide benzoïque.

Jusque-là toutes ses expériences étaient exactes. Mais il fut conduit à un résultat erroné, lorsqu'il crut retrouver l'acide sulfurique dans l'éther ordinaire, erreur due à la présence d'une petite quantité d'acide sulfureux, qui par la combustion se transforme en acide sulfurique: mais rien de semblable n'a lieu avec l'éther rectifié sur un alcali.

Quoi qu'il en soit, les expériences de Scheele étaient décisives, et suffisaient pour différencier les éthers. Mais elles eurent peu de retentissement, et furent bientôt presque complétement oubliées, sans doute parce que Scheele persistait à voir dans la formation des éthers un phénomène d'oxydation, comme le prouve sa recommandation d'ajouter aux mélanges du peroxyde de manganèse, pour faciliter la réaction.

Quelques années après, dans un enseignement plus brillant que solide, Fourcroy identifia de nouveau tous les éthers, et effaça la trace des travaux de Scheele. « Tout annonce, écrit Fourcroy, que l'éther est en lui-même un corps identique, un produit constant de la décomposition de l'alcool, par quelque acide et réactif qu'il ait été formé. » C'était en réalité faire un pas en arrière, et retarder les progrès de la science. En tranchant ainsi une question encore litigieuse par un éclaircissement prématuré, on détourne les savants de l'idée de tenter de nouvelles expériences, soit pour confirmer les faits connus, soit pour en découvrir de nouveaux.

En 1806, Thenard, presque à son début dans sa carrière scientifique, reprit l'étude des éthers, dissipa cette fois toutes incertitudes, et établit définitivement la constitution de ces composés remarquables. Ses résultats seront exposés dans la prochaine leçon.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ZOOLOGIE (1).

COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

### III.

**De la série animale.**

Les animaux invertébrés qu'on a cherché à définir dans la dernière leçon, sont aussi appelés *animaux inférieurs*, et ce mot fait supposer qu'il y a au-dessus d'eux des êtres plus parfaits et plus complexes, les *animaux supérieurs;* or, entre ces deux termes ainsi posés, on peut concevoir une succession de termes intermédiaires, et c'est à cet ensemble qu'on donne le nom de *série animale*. Le professeur se propose, dans cette leçon, d'étudier cette idée de série animale, de la suivre chez les philosophes et les naturalistes, d'en discuter l'exactitude et de montrer les diverses formes sous lesquelles elle se présente.

Son origine se trouve dans le besoin que l'homme éprouve de réduire tous les faits à des principes généraux, et son exagération est le résultat d'une trop grande ardeur à généraliser. Cette idée remonte d'ailleurs, comme on va le voir, à une époque bien reculée, mais un homme l'a faite, pour ainsi dire, sienne, par la manière attrayante dont il a su la présenter, et par le talent avec lequel il l'a soutenue; c'est Bonnet (de Genève), ce naturaliste éminent, si connu par ses remarquables travaux sur la reproduction des pucerons. Partant d'idées philosophiques, il considérait la création comme émanant de Dieu, et dans cet ensemble des êtres créés, il plaçait l'homme au premier rang, puis l'animal, le végétal, et enfin le minéral; il supposait ensuite que dans chacun de ces grands groupes, il y avait une sorte de succession par échelons, d'où le nom

(1) Voy. les nos 6 et 9.

Digitized by Google

d'*échelle animale*, ou de *chaîne des êtres*. Cette idée eut un très-grand succès, quoiqu'il ne l'appuyât pas de raisons bien fortes, il disait : « J'observe la nature et je l'admire », mais il ne paraît pas qu'il ait tenu beaucoup de compte des faits que révèle la dissection. Bonnet affirmait que dans cette chaîne, il n'y a pas d'interruption, pas d'hiatus, répétant ainsi sous une autre forme cette phrase célèbre et classique : *La nature ne fait pas de sauts;* mais il ne démontrait pas son assertion, et l'on verra bientôt des hommes aussi chauds partisans que lui de la série animale, prétendre, au contraire, que les hiatus existent, et qu'ils démontrent précisément ce qu'ils paraissent d'abord renverser. Entre les animaux et les plantes, Bonnet plaçait les polypes; il y avait là une apparence de raison, mais il suffit de dire que ce naturaliste plaçait les vers à tuyaux entre les articulés et les mollusques, et la limace *qui rampe*, entre ceux-ci et les reptiles, pour montrer que sa théorie était plutôt le développement d'une idée philosophique préconçue, que le résultat d'une comparaison des traits caractéristiques de l'organisation des animaux.

Leibnitz a soutenu très-vivement l'idée de la série animale; ce philosophe prétendait aussi que tout s'enchaîne dans la nature, et qu'il n'y a pas d'hiatus; il était même tellement persuadé de cette continuité dans la succession des êtres, qu'il avait prévu et affirmé l'existence encore inconnue de son temps, de ces animaux inférieurs, qui semblent faire le passage entre les deux règnes, et qu'on appelle pour cette raison *animaux plantes*. C'est ainsi que, partant d'idées tout à fait théoriques, on est souvent conduit à prévoir des faits que l'expérience vient démontrer ensuite.

Mais nous retrouvons cette idée de série animale chez des philosophes bien plus anciens, et les écrits d'Aristote l'expriment avec une parfaite netteté, c'est ce que montrera la citation de quelques passages de l'*Essai sur la métaphysique d'Aristote* par M. Ravaisson. Il faut savoir d'abord que l'un des principes de la philosophie d'Aristote consiste dans la distinction entre la puissance et l'acte; la puissance représente la matière, l'acte c'est la forme; c'est ainsi que le gland renferme le chêne en puissance; c'est ainsi que l'airain, transformé dans la statue, est la matière passée en acte; il y a dans la nature un mouvement continuel, qui est le passage de la puissance à l'acte, et l'univers entier n'est que l'effort de la matière pour arriver à la forme. Or, cette sorte d'évolution est progressive, et Aristote nous montre la nature tendant toujours vers un but meilleur, mais n'y arrivant que d'une manière progressive.

« La nature ne peut se dégager que par degrés des liens de la ma-
» tière et de la nécessité. Elle tend à sa fin et ne la perd jamais de vue,
» mais elle ne peut pas s'y élever du premier coup. Ce n'est que par une
» progression ascendante de formes qu'elle atteint la forme la plus
» haute. Une échelle d'existences se développe, qui remplit, sans lais-
» ser de vide, toute la catégorie de la substance ou de l'être. C'est
» comme une même puissance qui, d'organisation en organisation,
» d'âme en âme, monte d'un mouvement continu jusqu'au point cul-
» minant de l'activité pure; c'est l'être sortant par degrés de la stu-
» peur et du sommeil. Le plus bas degré de la nature est la simplicité
» absolue des corps élémentaires. Au-dessous de l'élément, vient le
» mixte... ; la mixtion suppose la différence des principes constitutifs
» et l'homogénéité des parties intégrantes. Au-dessus de la mixtion,
» vient l'organisation ; l'organisation est une synthèse hétérogène de dif-
» férents mixtes homogènes; l'unité de cette synthèse est la vie. La
» première forme de la vie est la végétation ; la végétation est la crois-
» sance spontanée; la croissance est le résultat de la nutrition; la nu-
» trition est l'intussusception par laquelle l'être reçoit dans son corps
» une substance étrangère, se l'assimile par l'action de sa chaleur vi-
» tale, et la convertit en sa propre substance en rejetant le superflu.
» La forme fondamentale de l'organisme est donc celle d'un canal qui
» reçoit la nourriture par l'extrémité supérieure, la digère au centre,
» et par l'extrémité inférieure rejette le reste... Le second degré de la
» vie est le sentiment. Ce qui fait l'animal et qui l'élève au-dessus de
» l'être inanimé, c'est l'âme sensitive... L'animal constitué, la nutrition
» est son premier besoin; après le toucher, viendra donc le sens de
» la nourriture, le goût... Jusque-là, l'animal n'est pas fort élevé au-
» dessus de la plante. S'il n'a plus la partie supérieure, la bouche,
» plongée dans la terre, par sa partie inférieure, il y est encore attaché.
» C'est encore un mélange des deux sexes, et une individualité impar-
» faite, qu'une division mécanique partage en une multitude d'indivi-
» dualités distinctes. Tel est l'animal-plante, le zoophyte... Mais bien-
» tôt l'animal se détache de la terre; il se meut dans l'espace... Un
» peu au-dessus du zoophyte, les sexes ne sont déjà plus confondus;
» l'animal a déjà une fin plus haute que de perpétuer sa race... ; mais
» les parties peuvent encore, dès qu'on les écarte, manifester une vie
» propre; chaque articulation est en quelque sorte la limite d'une orga-
» nisation et d'une vie particulière... Cependant l'organisation se com-
» plique, et, pour s'en assimiler les éléments, l'animal a besoin d'un
» degré supérieur de chaleur vitale. Un cœur se forme..., le corps se
» centralise, ce n'est plus comme une agrégation d'animaux, mais un
» tout indivisible; l'hétérogénéité augmente, et en même temps la sim-
» plicité... Dès que les membres s'étendent et se fortifient, le corps se
» relève ; l'animal se tient, et marche debout. Aussitôt l'intelligence
» est libre du poids de la matière; la mémoire prend plus de force; la
» volonté se fait jour, et avec la volonté la raison. Dès qu'on voit
» poindre le pouvoir de délibérer et de choisir, ce n'est plus l'âme
» sensitive, mais l'âme raisonnable; ce n'est plus l'animal, c'est
» l'homme. »

Le professeur tenait à faire cette citation, parce qu'elle lui paraît de nature à montrer d'une manière bien évidente, avec quelle netteté cette idée de la série animale se retrouve jusque dans l'antiquité la plus reculée, et l'on va voir que les théories les plus modernes ne sont au fond que des formes différentes que cette même idée a successivement revêtues.

Cette chaîne, cette continuité des êtres existe-t-elle réellement? Est-il vrai de dire qu'entre deux animaux pris arbitrairement, il y ait toujours un passage insensible? On peut répondre hardiment non. La série animale, telle qu'on la présente, offre au sommet les vertébrés; puis en descendant, les mollusques, suivant les uns, les articulés, suivant les autres; ensuite les zoophytes; et enfin les éponges tout au bas de l'échelle. Eh bien, qu'on cherche un passage des vertébrés aux articulés ou aux mollusques, on ne l'y rencontrera pas; au pre-

Digitized by Google

mier abord, peut-être semblera-t-il exister dans le fameux *Amphioxus*, surtout si l'on se contente d'observer les formes extérieures de cet animal, après avoir remarqué qu'il ne présente point de vertèbres; mais qu'on étudie avec soin tous les autres caractères, qu'on note, par exemple, la position du tube digestif relativement au système nerveux, et le passage supposé cesse d'être admissible; l'*Amphioxus* est un vertébré. Il y a donc entre les vertébrés et les invertébrés un hiatus qui ne peut être comblé, si bien que, pour M. de Quatrefages, ce sont là deux véritables sous-règnes. Cherchons de même à passer des mollusques aux zoophytes; les bryozoaires sembleront peut-être nous en offrir les moyens; mais ne nous en tenons point à des ressemblances vagues, recherchons les caractères de l'organisation, et nous ne pourrons nous empêcher de classer les bryozoaires parmi les mollusques. Pour les vertébrés, les mêmes difficultés se rencontreront; entre les mammifères et les oiseaux, il y a bien l'ornithorhynque, dont M. de Blainville aimait tant à rappeler les caractères; entre les oiseaux et les reptiles, l'*Aptenodytes* (manchot), que le même savant ne manquait jamais non plus de citer; mais la conformation de la bouche en bec de canard chez le premier de ces animaux, la ressemblance des ailes du second avec les membres d'une tortue marine, ne sont point des caractères d'une valeur saisissante; l'ornithorhynque est bien un mammifère; l'*Aptenodytes* est certainement un oiseau. Il est rare que les idées sur la série animale aient été présentées par d'autres savants que ceux qui se sont surtout occupés de philosophie spéculative; aussi ne vous attendez pas à les voir admettre par Cuvier, ce naturaliste si précis, si prudent, et si justement sévère; dans sa préface du *Règne animal*, il s'exprime à cet égard d'une manière bien catégorique :

« Je dois faire remarquer d'abord, dit-il, que je n'ai eu ni la prétention, » ni le désir de classer les êtres de manière à en former une seule » ligne, ou à marquer leur supériorité réciproque. Je regarde même » toute tentative de ce genre comme inexécutable... Je n'ai considéré » mes divisions et subdivisions que comme l'expression graduée de la » ressemblance des êtres qui entrent dans chacune, et quoiqu'il y en » ait où l'on observe une sorte de dégradation et de passage d'une es- » pèce à l'autre, qui ne peut être niée, il s'en faut de beaucoup que » cette disposition soit générale. L'échelle prétendue des êtres n'est » qu'une application erronée à la totalité de la création de ces obser- » vations partielles, qui n'ont de justesse qu'autant qu'on les restreint » dans les limites où elles ont été faites, et cette application, selon moi, » a nui, à un degré que l'on aurait peine à s'imaginer, aux progrès de » l'histoire naturelle dans ces derniers temps. »

Pour M. Lacaze, il y a là un peu d'exagération, surtout dans cette atteinte que les idées de continuité auraient portée aux progrès de la science moderne.

On sait que de Blainville était loin de partager les opinions de Cuvier, avec lequel il fut si souvent en guerre; on sait combien ce savant aimait le terrain de la controverse, et comment il y brillait; aussi quand on formule une opinion de Cuvier, on doit s'attendre à en rencontrer la contre-partie chez de Blainville. Ce dernier champion de la série animale a employé ici sa méthode favorite, émettant à priori une idée préconçue, qu'il cherchait à démontrer ensuite à posteriori. A ceux qui disaient : la série animale est une erreur, il répondait : elle existe; à ceux qui admettaient la chaîne non-interrompue des êtres, il disait : les hiatus existent certainement, et ce sont eux qui démontrent la série. Il n'admettait pas davantage que la nature créât successivement les êtres; il niait ces périodes ou créations successives des plantes, des mollusques, des mammifères, de l'homme; pour lui, la série était sortie formée de toutes pièces des mains de Dieu, et, quant aux lacunes existantes, c'était aux espèces fossiles à les combler; il posait en principe que plus un groupe est hétérogène, et plus il présente d'espèces fossiles; c'est ainsi que les débris de pachydermes que l'on rencontre dans les terrains sont plus nombreux et plus variés que ceux qui se rapportent au groupe des singes.

Si le professeur ne voulait se borner à des aperçus généraux sur la série animale, il aurait bien des objections à faire à ces théories; il leur demanderait avant tout d'expliquer comment elles peuvent concilier la création unique des êtres avec l'absence de l'homme fossile dans les couches tant soit peu anciennes; quoi qu'il en soit, il faut bien convenir que loin de nuire aux progrès de la science, les idées de de Blainville ont rendu de rares services et réformé bien des erreurs de classification.

La théorie de l'*unité de plan de composition*, si vivement soutenue par Geoffroy Saint-Hilaire, n'est évidemment qu'une façon particulière de présenter la série animale; les animaux seraient tous construits sur le même patron, et ne différeraient entre eux que par une complication plus ou moins grande, laquelle serait maximum chez l'homme; cette idée, certainement fort séduisante pour les esprits philosophes, n'est point tout à fait exacte; à coup sûr, si elle exprimait uniquement que le vertébré, par exemple, et le mollusque, respirent et digèrent tous deux, vivent en un mot, il n'y aurait rien à objecter, la chose est évidente; mais ce qui n'est point exact, c'est que toutes ces fonctions se passent dans des appareils analogues, et il est bien certain que quelques efforts que l'on fasse, jamais on ne fera cadrer le plan de l'animal vertébré avec ceux d'un invertébré quelconque, jamais le plan de l'annélide et celui du mollusque, encore moins celui du mollusque et du zoophyte. Le professeur n'entend point cependant soutenir que dans chaque classe particulière, ce plan de composition n'existe pas; il est même persuadé du contraire, et s'il avait à le démontrer ici, la classe des mollusques lui en offrirait la meilleure preuve.

S'il est un fait bien établi en histoire naturelle, c'est certainement celui-ci, que tous les animaux proviennent d'un œuf, et que l'œuf du zoophyte, comme celui du mollusque, du singe ou de l'homme, est toujours formé de trois parties constantes, qui représentent trois sphères

Digitized by Google

emboîtées l'une dans l'autre, à savoir la membrane vitelline, le vitellus ou jaune, et la vésicule germinative avec sa tache. Il y a donc dans cet œuf unité réelle de plan de composition; cet œuf, pour employer l'expression d'Aristote, a en puissance chacun des divers types animaux. Voilà une nouvelle forme sous laquelle nous retrouvons l'idée de la série animale, c'est l'unité de plan de composition appuyée sur l'embryogénie. Mais observons ce qui va se produire lorsque cet œuf se mettra en évolution, lorsque cette puissance entrera en acte; si l'unité de plan de composition est bien réelle, l'œuf, dans son développement successif, devra passer par toutes les formes inférieures les plus simples, avant d'arriver à celle qu'il doit définitivement conserver : or, c'est là une erreur; les formes diverses, au lieu de se succéder graduellement, suivant une même ligne, sont au contraire divergentes à partir de la forme primordiale, de sorte qu'à aucune époque de sa vie, l'embryon de l'oiseau ne peut rappeler exactement celui du poisson, ni l'embryon du poisson, celui du mollusque. On ne peut donc admettre cette théorie, qui veut montrer dans la série animale la succession des états par lesquels l'embryon humain a dû passer avant d'arriver à l'homme parfait; il est curieux de voir que ces idées ne sont pas nouvelles, et voici ce qu'on lit dans Aristote :

« Toutes les formes inférieures ne sont que des degrés par lesquels » la nature s'est élevée à cette forme excellente de l'humanité. » L'homme les résume toutes, et il en représente la suite entière dans » la succession de ses âges. Dans le sein qui l'a conçu, il vit comme » la plante, d'une vie toute végétative : muet, aveugle, insensible .. » Une fois venu à la lumière, il respire, il sent, il se meut... Il ne s'élève » guère au-dessus des fonctions animales de la sensibilité... , mais » la jeunesse le relève... Il a l'agilité et la beauté réunies; sa tête in- » telligente domine l'horizon. Sans avoir rien perdu des facultés de son » enfance, végétant encore comme la plante, sensible comme l'animal, » il est devenu homme, il est libre et il pense. »

En y regardant de près, on retrouve enfin l'idée de la série animale jusque dans la théorie de la mutabilité des espèces. Pour M. Darwin, on le sait, toutes les espèces actuelles sont dues aux transformations d'espèces antérieures, et, s'il en est ainsi, on doit bien admettre entre celles-ci et les premières une série d'espèces intermédiaires. M. Darwin comprend bien le danger d'une telle assertion, et il essaye de l'éviter en admettant l'existence primitive de quatre ou cinq prototypes, mais le courant de ces idées finit par l'entraîner, et dans les dernières pages de son célèbre ouvrage, il ne voit même pas de difficulté à ce que toutes les espèces dérivent en définitive d'une espèce unique; s'il y a des hiatus au milieu de la transformation graduelle des espèces, c'est que dans la lutte continuelle que les animaux se livrent pour vivre, il en est qui ont succombé, et ceux-là, on doit les retrouver nécessairement à l'état fossile. Le professeur discutera plus tard les idées de M. Darwin, mais ce qu'il a voulu montrer en terminant, c'est la diversité des résultats auxquels, par des considérations purement spéculatives, les mêmes faits peuvent conduire; pour M. Darwin, les hiatus démontrent la mutabilité des espèces; pour M. de Blainville, ils prouvent leur immutabilité et démontrent la série animale.

En résumé, il y a dans la série animale des lacunes réelles que de Blainville n'a pas toutes comblées. M. Darwin soutient et fait espérer qu'elles le seront; mais ce sont là de simples promesses; attendons, pour admettre la série animale de de Blainville, et les idées du savant anglais, que ces promesses soient réalisées.

Quant à l'unité de plan de composition, le professeur ne l'admet pas non plus, qu'on veuille l'établir sur des faits anatomiques ou embryogéniques. Il est certain, ajoute-t-il, que les êtres sont plus ou moins complexes, et qu'à cet égard, il y a entre eux une sorte de hiérarchie; mais quels sont, parmi les quatre types, ceux qu'il faut placer les uns avant les autres. Les vertébrés sont au sommet : en cela tout le monde est d'accord; mais ensuite sont-ce les articulés ou les mollusques qui doivent occuper le second rang? Pour Cuvier, ce sont les mollusques; pour la plupart des naturalistes d'aujourd'hui, ce sont les articulés; d'autres enfin éludent la difficulté en disant que la nature, pour arriver des êtres les plus parfaits jusqu'à ceux qui sont placés le plus bas, suit deux routes différentes, l'une qui passe par les articulés, l'autre qui passe par les mollusques. La hiérarchie, la dégradation existent, mais seulement dans chaque groupe pris en particulier. Ainsi, par exemple, le dernier des mollusques peut être moins parfait que le premier des annélides ou des zoophytes, de telle sorte que si, employant le procédé graphique très-ingénieux de M. de Blainville, on représente la perfection relative des divers animaux par des perpendiculaires élevées successivement aux divers points d'une même horizontale, et d'une hauteur proportionnelle à cette perfection, la ligne qu'on pourra faire passer par les extrémités de ces droites, au lieu d'être régulière dans sa forme, présentera, au contraire, une série de points d'arrêt correspondant précisément aux formes dégradées qui sont à la base de chacun des groupes.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

### BOTANIQUE (1).

COURS DE M. CHATIN.

### VI.

#### Des tiges anomales.

Après avoir examiné la structure normale des tiges dans les trois grands embranchements qui comprennent le règne végétal, il est bon toutefois de passer en revue ce que nous appellerons les tiges *anomales*. Il existe, en effet, quelques végétaux dans lesquels les mêmes éléments anatomiques sont

(1) Voy. le n° 54 de la 1re année et les nos 1er, 8 et 12 de la 2e.

Digitized by Google

combinés autrement, et de manière à donner naissance à une structure qui, au premier abord, semble différer beaucoup de la structure normale ; néanmoins ces structures peuvent toujours être rapportées à la loi commune, dont elles ne sont que des altérations.

*Conifères.* — Dans les plantes de cette grande famille naturelle, les couches ligneuses sont uniquement composées de tissu ligneux, sans apparence de vaisseaux spiraux : les vaisseaux n'existent que dans la première couche ligneuse, c'est-à-dire dans l'étui médullaire ; le tissu ligneux se compose de fibres à parois généralement épaisses, composées de plusieurs couches superposées et marquées de dépressions sphériques, ordinairement placées sur une seule rangée longitudinale, comme cela arrive dans les espèces de nos climats (Pins, Sapins, etc.). Ces dépressions ont la forme et l'aspect d'une lentille transparente, faite aux dépens de la face externe de la paroi.

Le genre *Ephedra* présente, en outre, une organisation spéciale. Le tissu ligneux de ces plantes, indépendamment des fibres marquées de dépressions sphériques, offre en outre de très-gros vaisseaux épars, coupés de diaphragmes de distance en distance, et dont les parois peu épaisses offrent d'énormes perforations arrondies et souvent disposées sur deux lignes longitudinales. La grandeur démesurée de ces perforations distingue ces plantes des autres Conifères et même de tous les autres végétaux.

*Bignoniacées.* — Le tissu ligneux de ces plantes est entrecoupé, dans sa surface externe, par des productions corticales disposées assez régulièrement, mais n'atteignant jamais jusqu'à la partie centrale, de sorte que la coupe fransversale de ces tiges offre quelquefois la figure d'une croix de Malte. Ces productions corticales ne sont composées que de tissu utriculaire.

*Sapindacées.* — Ces plantes toutes exotiques, et en général sarmenteuses et grimpantes, ont une tige qui semble formée par la soudure de plusieurs petites branches autour d'une tige plus volumineuse. Cette dernière possède son écorce parfaitement entière, même aux points où sont appliquées les petites tiges. Enfin, dans cestaines espèces, elle paraît avoir seule un canal médullaire ; souvent, cependant, les petites tiges latérales en ont un très-comprimé de dehors en dedans. On a émis beaucoup d'explications différentes pour cette structure singulière ; mais on paraît disposé à admettre qu'elle résulte d'une soudure complète de plusieurs tiges en une seule.

*Malpighiacées.* — La surface de leurs tiges est sillonnée, dans toute sa longueur, par des enfoncements inégaux et plus ou moins profonds du tissu cortical. Ces sillons partagent ainsi la tige en un certain nombre de parties très-irrégulières, possédant quelquefois chacune une portion du canal médullaire ; mais souvent la partie centrale seule présente les traces d'un canal et de rayons médullaires.

*Ménispermées.* — Ces plantes ont des tiges remarquables par l'absence de couches concentriques régulièrement formées chaque année : les faisceaux ligneux augmentent chaque année par la formation d'une couche nouvelle en dehors de la première et en dedans du liber. Mais au moment où une couche de tissu fibreux vient à entourer la précédente, le cambium de celle-ci cesse de s'organiser et persiste à l'état de tissu cellulaire allongé ; par suite, l'écorce, étant formée par le liber, ne prend aucun développement : l'épiderme en tient lieu. Dans le *Bauhinia*, les couches ligneuses se développent seulement sur un ou deux points opposés de la tige, les autres ne prenant pas d'accroissement, ce qui donne à la tige la forme d'une spirale. Dans le *Gnetum*, les couches ligneuses sont séparées les unes des autres par un feuillet d'écorce interposé entre chacune d'elles.

Armand Descamps, pharmacien.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*Viennent de paraître :*

Antécédents de l'hégélianisme dans la philosophie française, par M. Beaussire, professeur à la Faculté des lettres de Poitiers. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

Critique et histoire de la philosophie, fragments et discours, par M. Emile Saisset, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des lettres. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

Le Protestantisme libéral, par M. le pasteur Th. Bost. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

Formulaire magistral, précédé d'une Notice sur les hôpitaux de Paris, de généralités sur l'art de formuler, suivi d'un Précis sur les eaux minérales naturelles et artificielles, d'un Mémorial thérapeutique, etc., par A. Bouchardat, professeur à la Faculté de médecine de Paris. 13e édition. 1 vol. in-18 de 600 pages. 3 fr. 50

Annuaire de thérapeutique, de matière médicale, de pharmacie et de toxicologie pour 1865, contenant le résumé des travaux thérapeutiques et toxicologiques publiés en 1864, suivi d'un Mémoire sur l'exercice forcé dans le traitement de la glycosurie, par A. Bouchardat, professeur à la Faculté de médecine de Paris. 25e année. 1 vol. in-32. 1 fr. 25.

Annuaire de médecine et de chirurgie pratiques pour 1865, résumé des travaux les plus importants publiés en France et à l'étranger en 1864, par MM. P. Garnier et A. Wahu. 20e année. 1 vol. in-32. 1 fr. 25

---

Le second numéro de la deuxième année du *Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux*, dirigé par M. Robin, vient de paraître. En voici le sommaire :

Robin : Mémoire sur les divers modes de la naissance de la substance organisée en général. — Donders : Les anomalies de la réfraction de l'œil et leurs suites. — V. Cornil : Mémoire sur les lésions anatomiques du rein dans l'albuminurie. — Marey : Le thermographe, appareil enregistreur des températures. — Estor et Saintpierre : Expériences propres à faire connaître le moment où fonctionne la rate. — Analyses et extraits de travaux français et étrangers : Contributions à l'histoire du développement du cochon d'Inde, par M. Reichert. — Recherches sur la structure de la glande dite coccygienne, par M. J. Arnold. — Sur les rapports intimes des éléments du tissu nerveux dans le grand sympathique des grenouilles, par M. J. Arnold. — Observations sur la structure du système nerveux de la clepsine, par M. Baudelot.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 16. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 18 MARS 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

SALONS DE LA RUE DE LA PAIX. — **Histoire naturelle.** — Conférence de **M. N. Joly** : L'homme fossile. — Les habitations lacustres.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : XXII. Physiologie du bulbe rachidien — Nœud vital.

Paris, 17 mars 1865.

La dernière séance publique de l'Académie des sciences a été abrégée par un comité secret destiné, paraît-il, à discuter les titres des divers candidats à une place d'académicien libre qui reste encore vacante ; les communications ont donc été moins nombreuses que d'habitude. Nous citerons seulement la présentation, pour M. H. Sainte-Claire Deville, d'une nouvelle note de M. Berthelot sur les quantités de chaleur dégagées dans les combinaisons chimiques, et la suite des communications de M. Chevreul sur l'histoire des théories chimiques de l'air : M. Chevreul a exposé lundi dernier les recherches et les idées de Lavoisier sur ce sujet.

Depuis longtemps déjà on avait cherché à extraire du curare un principe actif et cristallisable, qui fût susceptible d'être dosé avec une rigoureuse exactitude, et par suite introduit dans la pratique journalière de la médecine, où il est destiné sans doute à rendre de grands services. Cette importante question, successivement étudiée par plusieurs chimistes éminents, n'avait pas encore été résolue d'une manière satisfaisante. Elle vient de l'être enfin dans le laboratoire de M. Claude Bernard, au Collége de France, par un jeune médecin de beaucoup d'avenir, le docteur Preyer, et M. Claude Bernard a pu montrer à son cours, mercredi dernier, des cristaux de curarine presque entièrement incolores. Ces travaux, qui vont bientôt être achevés, seront exposés en détail dans les leçons de M. Claude Bernard, et paraîtront, par conséquent, dans la *Revue*. Grâce à cette découverte, les recherches physiologiques sur le curare vont faire de nouveaux progrès, et M. Claude Bernard pourra, bientôt peut-être, couronner des recherches qui ont déjà tant illustré son nom, et donner un modèle parfait et complet d'étude de poison au point de vue physiologique. On ne peut s'empêcher de remarquer, à cette occasion, combien il peut être utile au progrès des sciences biologiques que le laboratoire du Collége de France réunisse un certain nombre de jeunes gens travaillant sous la direction d'un maître éminent, qui donnerait à chacun l'idée première et la méthode, pour coordonner et rectifier ensuite les travaux de tous.

Les *conférences historiques* faites par les agrégés de la Faculté de médecine commenceront décidément le lundi 20 mars, ainsi que nous le disions dans notre dernier numéro. Elles auront lieu dans le grand amphithéâtre de la Faculté, tous les lundis, à sept heures et demie du soir, depuis le 20 mars jusqu'au 26 juin. Nous avons déjà donné la liste de ces conférences, et nous rappellerons seulement à nos lecteurs qu'elles seront inaugurées par une étude de M. Verneuil sur les *chirurgiens érudits*, et notamment sur *Antoine Louis*.

Nous publions aujourd'hui la conférence que vient de faire M. N. Joly dans les salons de la rue de la Paix sur l'*homme fossile, les habitations lacustres et l'industrie primitive*. Cette conférence touche à des questions qui ont été récemment introduites dans la science et qui passionnent encore les savants contemporains. Les piquants détails donnés par M. N. Joly ne peuvent manquer d'intéresser vivement nos lecteurs.

ÉMILE ALGLAVE.



Digitized by Google

## SALONS DE LA RUE DE LA PAIX.

## HISTOIRE NATURELLE.

### CONFÉRENCE DE M. LE DOCTEUR N. JOLY.

### L'homme fossile; les habitations lacustres; l'industrie primitive (1).

SOMMAIRE. — But de cette conférence. — Coup d'œil rapide sur l'ensemble des terrains qui constituent la croûte solide du globe. — Période quaternaire. — Sa population zoologique primitive. — Chronologie *antéhistorique*. — Chronologie *paléontologique*. — Examen des cavernes à ossements. — Du diluvium. — Des *kjækkenmœddings* du Danemark. — Des tourbières. — Des habitations et des cités lacustres. — Vêtements, nourriture, boissons de l'homme européen primitif. — Invention et usage du feu. — Agriculture. — Animaux domestiques. — Chasse. — Pêche. — Armes. — Outils. — Poteries. — Beaux-arts : Dessin. Gravure. Sculpture. — Commerce et navigation. — Sépultures. — Culte. — Langage. — Contemporanéité de l'homme et des espèces éteintes. — Preuves tirées des silex taillés. — Des os blessés, travaillés, brisés. — Des terrains où on les rencontre. — Des changements survenus dans la configuration du continent européen. — Race primitive de l'Europe pendant l'âge de pierre. — Résumé et conclusions.

Mesdames et Messieurs,

Encore tout reconnaissant de la bienveillante attention dont vous m'avez honoré mardi dernier, mais presque honteux d'en avoir abusé, en vous retenant ici au delà de l'heure prescrite, je viens aujourd'hui, avec l'intention bien arrêtée d'être plus court, vous entretenir d'une question bien grave et bien digne aussi de vos plus sérieuses méditations. En effet, il ne s'agit de rien moins que de ressusciter à vos yeux ce monde si longtemps inconnu, dont M. Boucher de Perthes a été le révélateur, ou, si vous l'aimez mieux, le Christophe Colomb. Remonter la série des siècles nombreux qui se sont écoulés depuis la première apparition de l'homme à la surface de cette terre, où, poussière vivante et intelligente, il s'agite un instant; à travers les traditions muettes, les légendes obscures, entrevoir un immense et lointain horizon; fouiller dans les entrailles du globe pour y découvrir les plus anciens vestiges de la primitive industrie; interroger d'informes débris, dédaignés du vulgaire, et leur arracher le secret important qu'ils recèlent; s'emparer de tous ces documents précieux pour en tirer les enseignements qu'ils renferment; les féconder par une puissante synthèse; créer une science nouvelle, l'*archéo-géologie*, qui est à l'archéologie proprement dite ce qu'est la paléontologie à la géologie; braver l'ignorance présomptueuse, le préjugé rétif, le sarcasme amer, l'ironie malveillante, l'intolérance odieuse, et, quand après tant de labeurs, l'obscurité fait place à la lumière, le doute à l'évidence; quand la Vérité apparaît radieuse aux yeux du chercheur sagace et patient, la montrer libéralement à tous les regards et se dépouiller, pour lui tracer plus facilement sa voie, de ses propres richesses; enfin s'écrier avec l'accent d'une conviction profonde : « Dieu est éternel, mais l'homme est bien vieux » : voilà ce qu'a fait M. Boucher de Perthes, et ce que je vais essayer de faire après lui.

Je m'appuierai sur les importants travaux de cet archéologue si distingué; sur quelques recherches qui me sont personnelles; sur les découvertes récentes faites en France, en Allemagne, en Angleterre, en Danemark, en Suisse, en Italie et même en Amérique, par les Lyell, les Falconer, les Prestwich, les Agassiz, les d'Archiac, les Albert Gaudry, les Christy, et surtout par M. Lartet, cet éminent paléontologiste, ce glorieux enfant de Toulouse. A côté de ces noms fameux, vous me permettrez d'accorder une place modeste à quelques-uns de mes élèves qui, eux aussi, ont contribué à l'élucidation de cette question importante. Je citerai, avec une sorte d'orgueil, quasi paternel, MM. Garrigou, Rames, Martin, Trutat, enfin M. Henri Filhol, fils du savant collègue à l'obligeance empressée de qui je dois de pouvoir placer sous vos yeux la plupart des pièces qui vont servir à mes démonstrations.

La question que nous avons à étudier est celle-ci : L'homme fossile est-il un mythe ou une réalité? Pour répondre à cette question, il est indispensable que j'entre dans quelques détails relatifs à la géologie. Et d'abord, qu'entend-on par ce mot *fossile*? D'après M. F. J. Pictet (de Genève), il s'applique à tout débris organique enfoui dans les couches du globe sous l'influence de certaines conditions différentes de celles qui produisent de nos jours les dépôts *stratifiés*, c'est-à-dire disposés par *couches*. N'allez pas croire que *fossile* est synonyme de *pétrification*. M. Louis Figuier, que nous sommes fier de compter aussi au nombre de nos élèves les plus distingués, et qui maintenant est devenu un maître habile en l'art de répandre la Science en la faisant aimer, M. Louis Figuier a prouvé, concurremment avec M. Marcel de Serres, que les coquilles de la Méditerranée se pétrifient de nos jours. Pour qu'un débris organique soit réputé fossile, il faut, je le répète, qu'il remonte à une date antérieure à l'ordre de choses actuel.

Or, vous ne l'ignorez pas, messieurs, la terre a été d'abord à l'état de masse incandescente et fluide; puis elle s'est refroidie, une première enveloppe s'est formée; les vapeurs répandues dans l'air se sont condensées à sa surface et ont produit les mers.

Au sein de ces mers primitives se sont déposés les terrains *primordiaux* et les terrains de *transition*. A ceux-là ont succédé, toujours en procédant de bas en haut, les terrains *secondaires*, les terrains *tertiaires*, enfin les *quaternaires*.

Les terrains les plus anciens, ceux formés par l'action du feu, et désignés pour cette raison sous le nom de PLUTONIENS, ne contiennent aucun produit organique; les terrains *sédimentaires* ou NEPTUNIENS, au contraire,

(1) La conférence qu'on va lire n'est en quelque sorte que le programme d'un livre que M. Joly se propose de publier bientôt sur le même sujet, et qui doit faire partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*.

Digitized by Google

renferment de nombreux débris de la vie, et ces débris ressemblent d'autant plus à ceux de nos animaux ou de nos végétaux contemporains, que nous nous approchons davantage de l'époque actuelle.

C'est au commencement de la période quaternaire qu'ont apparu les Ours des cavernes (*Ursus spelæus*), les Hyènes (*Hyæna spelæa*), le grand Chat (*Felis spelæa*), l'Éléphant velu ou Mammouth (*Elephas primigenius*), le Rhinocéros à narines cloisonnées (*Rhinoceros tichorhinus*), le Cerf à bois gigantesques (*Megaceros hibernicus*), le Renne (*Cervus tarandus*), l'Aurochs (*Bison europæus*), le Bœuf primitif ou l'Urus (*Bos primigenius*), le Cerf élaphe (*Cervus elaphus*), et les espèces qui maintenant vivent avec nous.

A son origine, la population zoologique dont je viens de parler a été au complet. Mais, à un moment donné, de violents courants d'eau, produits par les oscillations du sol et l'exhaussement définitif des Alpes principales, ont déposé ces immenses accumulations de sables, de limon et de graviers que l'on voit aux environs de Paris, dans le département de la Somme, dans les plaines de la Crau et sur une foule d'autres points du continent européen. Ces inondations effrayantes, concurremment avec d'autres causes plus ou moins énergiques, ont détruit une partie des espèces jusqu'alors existantes. La faune primitive s'est appauvrie pendant cette période *diluvienne*, qui a vu périr les Ours et les Hyènes des cavernes.

Une période de refroidissement a succédé à cette phase diluvienne; la *phase glaciaire*, caractérisée par la formation de vastes glaciers, est arrivée. Quelques espèces ont encore disparu.

Enfin, la période *moderne* a commencé et s'est continuée jusqu'à nos jours.

Période *diluvienne*, période *glaciaire*, période *moderne*, telles sont donc les divisions à établir dans ces terrains quaternaires, pour nous d'un intérêt si majeur et si plein d'actualité.

A la question précédemment posée, à savoir : L'homme existe-t-il à l'état fossile? Nous pouvons donc substituer celles qui suivent :

L'homme a-t-il été le contemporain de l'Ours et de l'Hyène des cavernes? Ou bien n'a-t-il apparu sur le globe qu'à l'époque *glaciaire?* Ou bien, enfin, son apparition date-t-elle du moment où notre globe est entré dans les conditions actuelles?

C'est ce que nous allons bientôt examiner.

Pour en finir avec ces préliminaires indispensables à l'intelligence des faits que je vais avoir l'honneur de vous exposer, je me hâte de vous dire que les antiquaires du Nord ont établi une chronologie *anté-historique*, basée sur la considération des matières qui ont servi à fabriquer les premières armes et les premiers instruments.

C'est ainsi qu'ils ont distingué trois âges désignés par eux sous le nom de :

1° Age de pierre, subdivisé en âges de la pierre brute et de la pierre polie.

2° Age de bronze.

3° Age de fer.

On pourrait, je crois, distinguer un quatrième, ou plutôt un deuxième âge, intermédiaire aux âges de pierre et de bronze : car on a trouvé, soit en Danemark, soit en Amérique, des instruments et des armes en cuivre pur, c'est-à-dire non allié à l'étain (bronze).

Enfin, disons encore que, d'après l'époque plus ou moins ancienne à laquelle ont disparu les animaux qui les habitaient ou dont on y retrouve les débris, M. Ed. Lartet, qui a fait des cavernes du midi et de l'ouest de la France une étude si approfondie, a rapporté ces cavités souterraines à quatre périodes, selon lui, bien distinctes. Les unes, à savoir les plus anciennes, appartiendraient à l'âge du *grand Ours des cavernes;* les autres, à l'âge du *Mammouth* et du *Rhinocéros* à narines cloisonnées; d'autres, à l'âge du *Renne;* la quatrième catégorie, enfin, remonterait seulement à l'âge de l'*Aurochs*.

Cette classification, commode au point de vue *paléontologique*, ne serait peut-être pas aussi absolue, aussi rigoureusement exacte que semblait d'abord le croire son auteur.

En effet, MM. Martin et Garrigou ont constaté dans la caverne de Lourdes (Hautes-Pyrénées) la superposition de deux âges successifs, c'est-à-dire la présence de l'*Aurochs* dans les dépôts supérieurs de cette cavité souterraine; celle du *Renne* dans ses couches ossifères inférieures.

Quel serait l'âge de l'homme, en adoptant cette ingénieuse classification de notre habile et savant paléontologiste? Est-ce en même temps que l' *Ursus spelæus*, ou seulement avec l'*Aurochs*, c'est-à-dire avec l'époque tout à fait moderne, que coïnciderait la venue de l'homme européen?

S'il fallait en croire Cuvier, qui cherchait à rattacher les traditions bibliques au berceau de l'humanité, notre espèce n'a jamais été témoin de ces grandes inondations qui ont produit le *diluvium*, les limons ossifères et les brèches osseuses. Dernier né de la création, l'homme ne pourrait faire remonter ses annales, ou plutôt son acte de naissance, qu'à quelques dizaines de siècles avant l'ère chrétienne. Assertion imprudente, et qui semble maintenant démentie par les faits.

Quant à nous, messieurs, suivant la loi que nous nous sommes depuis longtemps imposée, nous laisserons la *théologie* sur le domaine qui lui est propre, et nous réclamerons la même faveur, ou plutôt la même justice, pour la *science profane* dont nous nous occupons. Elle ne saurait prospérer et grandir qu'à ce prix.

Mais quelles seront les sources où nous irons puiser nos arguments pour mettre, s'il se peut, hors de contestation la contemporanéité de l'homme et des espèces perdues? Ces sources sont multiples, et nous pouvons les ranger sous cinq chefs principaux :

1° Les *cavernes*. Ce sont elles qui ont fourni, sans nul

Digitized by Google

doute, le plus grand nombre de preuves à l'appui de la thèse que nous venons défendre.

En 1829, M. Toumal (de Narbonne) avait rencontré dans la caverne de Bize (Aude) des ossements humains, des fragments de poteries grossières, des silex taillés, le tout mêlé à des débris d'Aurochs, à des os de Renne, travaillés par la main de l'homme.

Un an plus tard, M. de Christol découvrait dans les cavernes de Pondres et de Souvignargues (Gard) des restes de notre espèce associés à des os de Cheval, de Bœuf, d'Ours, d'Hyène et de Rhinocéros.

En 1833, Schmerling constate des faits analogues dans les cavernes d'Eugis et d'Enghioul, et il en retire, entre autres débris précieux, deux crânes humains d'une belle conservation.

Celui qui a l'honneur de vous parler explorait, en 1835, la caverne de Nabrigas (Lozère), et, outre une foule d'ossements d'Ours appartenant à tous les âges, y compris l'âge embryonnaire; outre un crâne presque adulte et portant sur le frontal droit une blessure en voie de cicatrisation, il rencontrait, au milieu de tous ces débris, un fragment de vase grossier, non cuit au feu, fabriqué sans l'aide du tour, et très-irrégulier dans sa configuration.

On y voit distinctement l'empreinte du pouce qui a pétri l'argile qui constitue le fond du vase; cette empreinte se remarque bien mieux encore à la surface extérieure, où elle a formé des sillons parallèles, tout à fait analogues à ceux que l'on observe sur la vaisselle en usage chez nos villageois.

Le fragment dont il s'agit a paru assez remarquable à M. Christy, l'illustre collaborateur de M. Lartet, pour qu'il ait cru devoir le faire mouler à Toulouse, afin d'enrichir de ces reproductions en plâtre les divers musées de son pays natal.

Pardonnez-moi, mesdames et messieurs, d'insister un peu sur ces détails qui ont pourtant leur intérêt scientifique. Qu'il me soit permis de vous rappeler ici que ces mêmes détails ont été consignés par moi dans un travail qui date de mon adolescence (voy. la *Bibliothèque universelle de Genève*, 1835), auquel se rattachent pour moi de bien doux souvenirs, et où j'émettais l'idée, assez hardie pour cette époque, de la coexistence de l'homme avec le grand Ours des cavernes et autres espèces depuis longtemps détruites.

Comme il arrive presque toujours en pareil cas, c'est-à-dire à nos débuts dans la science, et quelquefois longtemps après, mon mémoire n'attira pas beaucoup l'attention des paléontologistes. Lyell ne le mentionne même pas dans son dernier ouvrage (*Antiquity of man*). En face de cet oubli, dont je ne songe nullement à me plaindre, vous m'autoriserez, je l'espère, messieurs, à revendiquer ma faible part dans les importantes découvertes que cet entretien tend à mettre en lumière. Si j'étais plus riche, je ne réclamerais pas ce qui m'est dû.

Je ne saurais, sans dépasser de beaucoup les limites du temps qui m'est accordé, vous faire ici l'historique, même très-incomplet, des explorations entreprises et exécutées avec bonheur dans les cavernes d'Amérique par MM. Lund et Agassiz (1844).

Je me bornerai donc à vous dire que, entre autres résultats curieux, ces illustres investigateurs ont signalé la présence du Cheval en compagnie du Megatherium, du Toxodon et du Megalonyx. Et pourtant les Chevaux n'existaient pas en Amérique du temps des *Conquistadores*. Ceux qui s'y rencontrent aujourd'hui, soit à l'état domestique, soit à l'état de liberté, sont tous de provenance européenne.

Le nouveau monde n'est donc pas peut-être aussi nouveau qu'on le suppose.

L'étude attentive des cavernes à ossements du Périgord et du midi de la France a donné lieu à des résultats du plus haut intérêt.

Les Eyries, Langerie (arrondissement de Sarlat), Savigné (Vienne), Aurignac (Haute-Garonne), Lourdes (Hautes-Pyrénées), Lherm, Lombrives, Niaux, etc. (Ariége), Bruniquel (Tarn-et-Garonne), etc., ont fourni, de 1861 à 1864, des documents on ne peut plus précieux pour l'histoire des premiers âges de l'humanité, et ces documents sont venus confirmer, de la manière la plus éclatante, les prévisions, je dirai même les démonstrations du courageux et savant auteur du travail remarquable qui a pour titre : *L'homme antédiluvien*.

Partout, ou presque partout, MM. Lartet, Christy, Garrigou, Rames, Filhol, Martin, Trutat, etc., ont trouvé soit des silex, soit des fragments de poteries, soit des os travaillés pour servir à des usages divers, soit enfin des crânes et des portions de squelettes, dont plusieurs paraissent remonter à une date très-éloignée de l'époque historique.

2° Le *diluvium*, fouillé, interrogé de la même manière, et sur divers points de la France, de l'Europe et même de l'Asie, le *diluvium* a donné une réponse identique avec celle qu'avaient faite les cavernes.

Là, comme dans ces dernières, nombreux silex taillés, ossements de *Mammouth* et de *Rhinocéros*, enfouis avec eux dans un terrain non remanié, c'est-à-dire vierge de tout travail postérieur à son dépôt : haches en silex, etc., tout y indiquait l'antique présence de l'homme, même bien longtemps avant que l'on y eût rencontré ses débris, bien avant que la mâchoire de Moulin-Quignon fût venue convaincre les incrédules et les récalcitrants.

3° *Kjœkkenmœddings*. Mêmes faits, ou faits entièrement analogues, offerts par les *kjœkkenmœddings*, ces immenses *débris de cuisine*, ces énormes amas d'écailles d'huîtres, etc., dont se nourrissaient, il y a des milliers d'années, les habitants du Danemark, fixés déjà sur les rivages de la Baltique.

4° *Les tourbières*. — Les tourbières fournissent aussi leur contingent de preuves; mais en raison de l'extrême perméabilité de ces terrains, on conçoit que des objets ou des ossements d'une date relativement moderne, ont pu

Digitized by Google

souvent se mélanger avec d'autres objets de l'industrie humaine, remontant à une époque très-reculée, ou bien avec d'autres os ayant appartenu à des espèces éteintes. De là le vague ou l'incertitude des conclusions à tirer de l'examen des tourbières, du moins dans bien des cas. Celles du Danemark sont cependant très-importantes à étudier au point de vue des végétations diverses qui s'y sont succédé dans la série des âges.

5° *Habitations ou cités lacustres.* — Viennent enfin les *habitations* ou *cités lacustres*, dont les vestiges ont été découverts il y a quelques années à peine, et se découvrent encore tous les jours en Suisse, en Savoie, en Italie, etc., indice curieux d'une civilisation naissante, de l'industrie et des arts au berceau.

Jetons maintenant un rapide coup d'œil sur ces arts et sur cette industrie.

Nous allons passer successivement en revue :

1° Les habitations terrestres et les cités lascustres;
2° Les vêtements et les ornements;
3° La nourriture;
4° Les boissons;
5° Les moyens de se procurer du feu et de la lumière;
6° L'agriculture;
7° Les animaux domestiques;
8° La chasse et la pêche;
9° L'industrie comprenant : *a*, les armes; *b*, les instruments de travail;
10° L'art céramique ou les poteries;
11° Les beaux arts (dessin, gravure, sculpture);
12° Le commerce et la navigation;
13° Les sépultures;
14° Le culte;
15° Le langage.

Dans l'étude que nous allons entreprendre, une remarque essentielle doit dominer toutes les autres; c'est que, quel que soit le climat qu'il habite, dans quelque circonstance qu'il se trouve placé, l'homme agit partout conformément à sa nature, et présente partout dans ses besoins physiques, dans ses tendances instinctives et morales, comme dans les actes qui en résultent, une très-grande uniformité.

C'est ainsi que malgré l'énorme distance du temps et des lieux, nous trouvons surtout chez les peuplades primitives, et chez les sauvages actuels, les mêmes habitudes, les mêmes usages, les mêmes armes, les mêmes instruments et quelquefois les mêmes parures.

Se nourrir, se vêtir, se procurer un abri, du feu, un combustible quelconque, se fabriquer des armes offensives et défensives, soit pour repousser les attaques de l'ennemi, soit pour abattre une proie vivante, voilà le premier, le plus impérieux besoin de l'homme, ou sauvage ou civilisé.

Étudions d'abord ses habitations.

*Habitations et cités lacustres.*

Les cavernes, les trous des rochers, les huttes de terre ou de coquillages, les cabanes construites de feuillages et de branches entrelacées, comme le sont encore les *gourbis* des Arabes; la tente faite de peaux cousues ensemble, et soutenues par des pieux fichés dans le sol; enfin les demeures sur pilotis : tels sont les divers modes employés de tout temps par l'homme, pour se mettre, lui et sa famille, à l'abri des attaques des bêtes fauves ou des surprises de l'ennemi.

Les cités lacustres étaient connues bien longtemps avant Hérodote, qui nous décrit ainsi qu'il suit celles des Pæoniens du lac Prusias.

« Ils fixent, dit-il, sur des pieux élevés, enfouis dans le lac, un échafaudage qui communique avec la rive par un seul pont étroit, chemin de la cabane, avec une trappe qui donne sur le lac, et dans la crainte que leurs enfants ne tombent à l'eau par cette trappe, ils les attachent par les pieds avec une corde. »

En transcrivant la description que nous empruntons au *Père de l'histoire*, nous venons de décrire en quelque sorte les habitations lacustres de la primitive Helvétie, du Piémont, de l'Italie, etc.

Qu'on se figure, en effet, de gros troncs d'arbres (souvent d'un pied de diamètre) enfoncés, de distance en distance, dans le fond du lac, par l'une de leurs extrémités, ou maintenus debout; partout où le sol est rocheux, par des amas de pierres (*Steinberge* des Suisses) entassés à leur pied. Imaginez ensuite un plancher épais, reliant entre eux ces pilotis, supportant des cabanes ovales ou circulaires, construites avec des pieux et des branches d'arbres entrelacées, recouvertes de joncs ou de fougères, et revêtues à l'intérieur d'un ciment argileux. Enfin, entourez par la pensée chacune de ces cités d'un rang de pieux, avec leur extrémité libre à fleur d'eau, pour empêcher l'abordage de canots ennemis, et vous aurez une idée suffisamment exacte des habitations lacustres qui existaient en Suisse et dans beaucoup d'autres localités, à l'époque où l'usage des métaux était totalement inconnu, et même longtemps après leur invention (1).

On a trouvé des vestiges d'anciennes habitations lacustres, non-seulement sur les lacs de la Suisse et de l'Italie, mais encore dans les tourbières du Danemark, du Brandebourg, de l'Irlande et même du Canada. Enfin, l'illustre et malheureux Dumont d'Urville en a signalé de tout à fait analogues dans la baie de Dorée (Nouvelle-Guinée), et Lesson en a vu aussi de semblables dans les marais de l'île de Vaigiou.

A en juger par la grande quantité de cendres et de charbons accumulés aux endroits mêmes qu'ils occupaient, toutes les habitations lacustres, à quelque âge

(1) Quelques auteurs prétendent que ce mode de construction était encore usité dans les Gaules au moment où César en fit la conquête.

Digitized by Google

qu'elles appartiennent, semblent avoir été détruites par l'incendie. Les pieux carbonisés, les fragments d'argile ayant servi de revêtement intérieur, noircis ou rougis par le feu, viennent encore à l'appui de cette opinion, qui est, du reste, généralement adoptée. N'oublions pas de dire que les planchers eux-mêmes, formant l'échafaudage, étaient recouverts d'une couche plus ou moins épaisse de terre gâchée, dont nous avons vu de beaux échantillons dans la riche collection de M. G. de Mortillet.

Enfin, les cabanes groupées les unes à côté des autres, à la manière des huttes des castors (1) et des ruches des abeilles, communiquaient avec le rivage au moyen d'un pont ou passerelle en bois, comme chez les Pæoniens.

Les cités ainsi construites servaient non-seulement de lieux de refuge et d'habitation, mais encore de magasins pour les provisions destinées aux besoins de la famille. Quelques auteurs vont même jusqu'à prétendre qu'elles n'étaient occupées que par des prêtres voués au culte des eaux. Pure hypothèse que rien ne justifie, et que les faits d'observation tendent à renverser.

Les habitations lacustres de la Suisse ont été étudiées et décrites avec beaucoup de soin par MM. Keller, Morlot, Troyon, Desor; celles du Piémont et de l'Italie ont été explorées avec non moins de succès par MM. Stoppani, Nicolucci, et plus récemment encore par M. Paolo Lioy, qui nous a fait connaître en détail celles du lac Fimon, dans le Vicentin. Celles-ci, bien que remontant à une époque aussi reculée que le *diluvium* d'Abbeville, ou les *limons ossifères* d'Aurignac, n'en offrent pas moins une ressemblance frappante avec les cités lacustres des âges postérieurs.

Leurs dimensions mesuraient, d'après l'auteur précédemmet cité, 4 mètres et demie de longueur sur 3 mètres et demi de largeur, dans le sens du plus petit diamètre.

*Vêtements.*

Le besoin de se vêtir dégénère dans les pays chauds en un besoin de se parer. Dans les pays froids, au contraire, c'est un besoin réel, une indispensable nécessité. Certains peuples de nos jours sont complétement nus; les chefs seuls portent des nattes en feuilles de bananier teintes des couleurs les plus brillantes. Par contre, les Lapons, les Samojèdes, les Eskimaux sont enveloppés d'épaisses fourures. Il devait en être à peu près de même des premiers habitants du Danemark, de la Gaule et de l'Helvétie.

Des peaux de bêtes sauvages, la toison des brebis, la dépouille de chèvres cousues ou rattachées ensemble par des tendons divisés ou par les fibres ligneuses des écorces, couvraient ces corps endurcis aux fatigues et à la rigueur des saisons.

(1) Un savant bien connu (M. le docteur Hœfer) a cru pouvoir avancer que les habitations lacustres avaient été bâties par les castors!

Les fragments de tissus, ou du moins de nattage grossier, trouvés à Wangen et à Robenhausen semblent avoir eu la même destination.

*Ornements.*

La coquetterie, l'amour de la parure ne datent pas d'hier, mesdames; témoin ces colliers formés avec des dents de chien, de renard ou de loup, percés d'un trou de suspension. Des rondelles également percées, et fabriquées avec les coquilles du bucarde (*Cardium edule*), servaient au même usage que les dents. Plus tard, les épingles à cheveux, les bracelets, les agrafes en bronze se multiplièrent presque à l'infini, et vous seriez étonnés de la variété et même du bon goût des objets servant à la toilette des petites-maîtresses et des lions de ce temps-là.

*Nourriture.*

D'après le professeur Bransonnet, de Montpellier, l'homme, en sortant des mains de la nature, aurait été carnivore comme douze et frugivore comme vingt. D'après M. Flourens, il serait destiné à se nourrir exclusivement de fruits.

Quoi qu'il soit, il est un fait maintenant bien avéré; c'est que, ou par nécessité ou par habitude, l'homme est devenu sinon partout, du moins presque partout omnivore.

Les Kjökkenmöddings du Danemark, qui nous ont si précieusement conservé les débris de sa cuisine, prouvent ce fait jusqu'à l'évidence. Les cavernes, qui lui ont servi de refuge ou de sépultures, nous tiennent le même langage; enfin, les restes de ses repas enfouis dans les dépôts sous-lacustres nous amènent aux mêmes conclusions.

Que trouvons-nous, en effet, daus ces diverses localités, dans ces stations de l'âge de pierre?

Ce sont d'abord, pour les aborigènes du Danemark, fixés alors sur les bords de la mer, ce sont les coquilles marines, et notamment les huîtres comestibles, qui constituaient le fond de leur nourriture habituelle.

Ils y joignaient les poissons marins, les crustacés les plus vulgaires, les oiseaux aquatiques, tels que l'oie, le cygne, le canard; quelquefois les oiseaux des forêts, le coq de bruyère, par exemple; enfin, la chair de l'urus, ou bœuf primitif, celle du cerf, du chevreuil, du renne. Ils ne dédaignaient pas même celle de la loutre, du phoque, du chat sauvage, du loup, du renard et du chien domestique. L'absence de toute céréale dans les Kjökkenmöddings porterait à penser que l'usage de la farine et du pain était inconnu aux Danois primitifs. Il ne l'était certainement pas en Suisse à l'époque dont nous nout occupons, car on a trouvé dans la couche archéologique du pont de Thielle différentes espèces de céréales, entre autres du froment. Outre des pois, des lentilles, des glands, la station de l'île Saint-Pierre a fourni à M. Giliéron de l'orge et de l'avoine. Enfin, à Robenhausen, sur le lac de Pfäffikon (*Suisse orientale*),

Digitized by Google

on a trouvé du pain carbonisé, ainsi que des fruits de toute espèce (*pommes, poires, fraises, frambroises, faînes, cornouilles, noisettes*, etc.)

A en juger d'après le catalogue dressé par M. Morlot, le régime alimentaire des premiers habitants de l'Helvétie était encore plus varié que celui des anciens Danois. En effet, aux mammifères dont ces derniers mangeaient la chair, les Suisses de l'âge de pierre pouvaient en joindre beaucoup d'autres, notamment l'*urus*, le bison, l'élan, le taureau sauvage, un bœuf de petite taille à cornes très-recourbées; enfin la chèvre et la brebis, déjà soumises à l'état domestique. Je n'indiquerai que pour mémoire, et comme preuve du goût peu difficile de ces peuplades antiques, l'usage alimentaire du castor et de l'écureuil, du renard, du loup, du chien et même du putois. Ils mangeaient aussi des grenouilles et des tortues. Enfin, les excellents poissons de leurs lacs leur fournissaient un mets plus délicat. Je suis étonné de ne voir figurer ni la truite commune, ni l'ombre-chevalier sur la carte de leurs festins. Quant au lièvre, qui n'y figure pas non plus, il paraîtrait que les Suisses, de même que les Danois primitifs et que les Lapons actuels, s'abstenaient d'en manger pour des motifs purement superstitieux.

Le Lièvre et le Lapin paraissent avoir été également exclus des repas funéraires des habitants d'Aurignac, l'une des stations les plus anciennes que l'on connaisse. Ceux de Massat n'en mangeaient pas non plus. En revanche, les os nombreux de Cheval observés, soit à Aurignac, soit à Massat, etc., etc., indiquent assez clairement que la chair du solipède auquel ils ont appartenu était recherchée avec une sorte de prédilection par les aborigènes pyrénéens.

Il en était de même de celle de l'Éléphant; à l'exemple des Hottentots actuels, ils mangeaient aussi la chair du Rhinocéros, quoique, d'après Bruce, « elle soit très-dure, presque sans goût, et qu'elle exhale une forte odeur musquée. » Une particularité qui n'a échappé ni à l'attention des géologues, ni à celle des antiquaires, c'est l'état fragmenté des os longs. A Aurignac et à Massat, ils paraissent avoir été simplement cassés par le choc contondant d'un caillou; mais ceux qu'on trouve dans les Kjœkkenmœddings et dans les habitations lacustres ont généralement été fendus en long avec une grande dextérité, et très-probablement à l'aide d'instruments plus parfaits.

Je ne parle pas ici, bien entendu, de ceux qui peuvent avoir été brisés par les Hyènes, et qui portent encore l'empreinte distincte de leurs dents.

Mais à quoi bon ces cassures si multipliées des os longs? Nul doute qu'elles n'aient été pratiquées dans le but d'extraire la moelle qu'ils contenaient, et qui était regardée, par les peuplades du Danemark et par celles de l'Europe centrale, comme un morceau très-délicat. Du reste, chez les Lapons et les Groenlandais actuels, la moelle des os d'herbivores est une vraie friandise qu'on offre, dit M. Morlot, aux étrangers auxquels on veut faire honneur, ainsi qu'aux employés de l'État.

Autre question : Les peuples de l'âge de pierre mangeaient-ils crues ou bien faisaient-ils cuire les viandes dont ils se nourrissaient?

Les cendres et le charbon retirés des Kjœkkenmœddings et des dépôts sous-lacustres, les os à demi carbonisés, ou simplement roussis, que l'on a rencontrés dans le foyer encore subsistant d'Aurignac, ne permettent pas de douter que, dans la plupart des cas, la chair des animaux ne fût soumise à la cuisson. Cependant l'absence complète de toute trace de feu dans la grotte de Massat a fait penser à M. Ed. Lartet que les habitants de cette station n'y venaient que pendant l'été, et qu'ils y mangeaient la chair crue, comme les Samoyèdes et les Abyssins de nos jours.

Il n'en est pas moins certain que les aborigènes de nos contrées, comme ceux de la Suisse et du Danemark, connaissaient déjà l'usage du feu, et l'employaient, comme nous le verrons bientôt, à des usages nombreux et variés, parmi lesquels figure la cuisson de leurs aliments.

Nous ne quitterons pas la table de ces hommes primitifs sans vous faire connaître, après MM. Steenstrup et Morlot, la manière dont les anciens Danois mangeaient.

Ils ne se servaient pas, comme nous, de leurs incisives pour trancher, mais bien pour saisir, pour retenir et pour mâcher leur nourriture. Aussi ces dents, loin d'être, comme les nôtres, tranchantes à leur sommet, étaient au contraire aplaties comme nos molaires; les deux arcades dentaires correspondaient exactement l'une à l'autre, et leur surface triturante, prise dans son ensemble, offrait un plan horizontal. Ils mangeaient donc à la manière des Groenlandais actuels, c'est-à-dire qu'après avoir dégagé l'os de la viande qui le recouvrait à l'une de ses extrémités, ils saisissaient celle-ci avec les dents antérieures, la déchiraient partiellement, et coupaient la bouchée tout près des lèvres, au moyen d'un couteau. Quant à leurs couteaux, ils ressemblaient à des haches celtiques, à des coins plutôt qu'à nos couteaux ordinaires; leur bord tranchant était transversal et plus ou moins oblique; ils n'étaient jamais emmanchés, mais s'adaptaient néanmoins parfaitement à la main qui devait les saisir.

*Boissons.*

Les hommes de l'âge de pierre connaissaient-ils les boissons fermentées? La chose est probable, mais elle n'est pas certaine. Cependant, si l'on considère que tous les peuples, et surtout les peuples sauvages, ont un goût décidé pour les boissons enivrantes; que les habitants des îles Viti savourent leur *kava*, ceux de l'Afrique centrale leur *pombé*, les anciens Scandinaves leur *hydromel*, les Germains leur *cervoise*, les Péruviens leur *chicha*, les Aryas (nos vrais ancêtres) leur *nectar* ou *liqueur de l'oubli*, il est vraisemblable que les habitants primitifs

Digitized by Google

du Danemark, de la Gaule, de la Suisse et de l'Italie recherchaient aussi les boissons acides ou fermentées. M. Lioy est porté à penser qu'ils en fabriquaient une avec le fruit du cornouiller (*Cornus mas*), que l'on rencontre en abondance dans le lac de Fimon (Vicentin).

*Invention et usage du feu.*

Que l'on songe à ce que serait l'homme sans l'invention du feu! Aussi cette utile et indispensable invention se perd-elle dans la nuit des temps.

De là des mythes ingénieux qui, dans les Védas, en font une divinité sous le nom d'*Agni* (*ignis*, en latin), ou qui, dans la mythologie grecque, en attribuent l'origine à Prométhée, qui le ravit au ciel.

Ce qui paraît certain, c'est que la manière la plus ancienne de se procurer du feu consistait et consiste encore chez beaucoup de peuples sauvages, à frotter l'un contre l'autre et longtemps, deux morceaux de bois sec, ou bien à faire tourner rapidement un bâton, à la manière d'un foret, dans un disque de bois creusé dans son milieu.

En sanscrit, le bâton générateur du feu s'appelait *matha*, puis *pramatha*, de *pra*, qui signifie *ravir*. D'où Pramathyas, *celui qui creuse en frottant*, et *celui qui ravit le feu*. Le Pramathyas indien est évidemment le Prométhée des Grecs.

Quoi qu'il en soit, les hommes primitifs avaient recours, pour se procurer du feu, à des procédés entièrement analogues à ceux qu'emploient encore les Hindous et même les sauvages de l'Amérique du Sud.

Or, on a trouvé dans la grotte des Eyzies (arrondissement de Sarlat) des pierres de granite creusées en dessus d'un trou plus ou moins profond, qui paraît avoir subi, disent MM. Lartet et Christy, l'action d'un frottement répété, mais en restant toujours rugueux. Un fragment de granite analogue, mais équarri sur chacune de ses faces, a été rencontré aussi dans le lac de Fimon. Nous sommes porté à croire, avec les auteurs de ces découvertes, que ces pierres naturellement rugueuses servaient probablement à se procurer du feu.

Le feu, une fois obtenu, rien de plus facile que de se procurer de la lumière, ou plutôt on se procure généralement l'un et l'autre à la fois.

Des bois résineux, carbonisés à l'une de leurs extrémités, et retirés du lac Fimon, semblent avoir servi de torches pour l'éclairage.

Enfin les Danois primitifs s'éclairaient, d'après les archéologues scandinaves qui ont étudié les Kjœkkenmœddings, au moyen d'une mèche qu'ils plaçaient dans l'estomac graisseux du grand Pingouin (*Alca impennis*).

*Agriculture.*

D'abord adonné à la chasse et à la pêche, dès que les circonstances le favorisent, l'homme devient pasteur et se nourrit de la chair et du lait de ses troupeaux, se couvre de leur dépouille, et les multiplie à son gré. Bientôt après il s'en fait des auxiliaires utiles, il demande à la terre des ressources nouvelles, et l'agriculture est inventée.

Progrès immense! d'où découlent tous les autres, car la culture des champs fait naître l'abondance, et avec elle de fructueux loisirs. Quand les bras se reposent, la pensée s'exerce, l'instruction devient possible, et le génie de l'homme, fécondé par l'observation, enfante les prodiges dont nous sommes aujourd'hui les héritiers ou les témoins.

Mais, en général, que d'hésitations, que de tâtonnements pour arriver à ces inventions utiles qui nous paraissent si simples, si faciles, et dont l'active imagination des peuples au berceau attribue l'origine à des divinités, Cérès, Triptolème, Bacchus, etc.

L'absence des céréales dans les Kjœkkenmœddings et même dans les habitations lacustres de Fimon donnerait à penser que les habitants primitifs du Danemark et du Vicentin n'avaient aucune idée de l'agriculture.

Dans les cités lacustres de la Suisse, au contraire, on a trouvé le blé ordinaire (*Triticum vulgare*), la grande épeautre (*Triticum dicoccum*), l'orge à deux épis et l'avoine. On y a aussi trouvé des cordes fabriquées avec le chanvre ou le lin. Quant aux instruments employés pour remuer la terre, nous n'avons aucune notion précise à cet égard.

Des mâchoires d'ours et de sangliers armées de leurs longues dents canines ont pu servir en guise de hoyau : cette idée a été émise, en effet, mais elle n'a pas été démontrée.

*Animaux domestiques.*

Quand on songe aux difficultés inouïes que l'homme a dû éprouver pour soumettre à sa puissance, ou plutôt à sa faiblesse native, un animal aussi féroce que le chien, aussi fort que le taureau sauvage, on a tout lieu d'être surpris que dès l'âge de pierre il ait possédé ces deux animaux à l'état domestique. Il possédait également la chèvre et la brebis, mais peut-être n'avait-il pas encore fait du cheval sa plus noble conquête.

Le porc paraît avoir été domestique en Danemark à l'époque des Kjœkkenmœddings, tandis qu'il ne l'était pas chez les habitants lacustres de la Suisse et du Vicentin.

Le chien, c'est-à-dire « ce qu'il y a de meilleur dans l'homme » (Toussenel), n'existait pas à Aurignac (Haute-Garonne, *âge de l'Ours*), tandis qu'on le trouve à Massat (Ariége, *âge de l'Aurochs*).

Il existait aussi dans les Kjœkkenmœddings : le professeur Steenstrup s'en est convaincu en faisant une expérience des plus ingénieuses.

Parmi les débris de cuisine des anciens Danois, on rencontre un grand nombre d'os longs ayant appartenu à des oiseaux, et tous réduits à leur partie moyenne ou diaphyse. Les os courts sont de vingt à vingt-cinq fois moins nombreux. Frappé de cette particularité, Steenstrup donna des os d'oiseaux à manger à un chien domes-

Digitized by Google

tique, et il acquit la certitude que cet animal rongeait et dévorait les têtes des os longs, et rejetait la diaphyse, très-dure à entamer et ne contenant pas de moelle, mais bien de l'air dans son intérieur. Ces os ainsi rongés ressemblaient de tous points à ceux des Kjœkkenmœddings : la conclusion était facile à tirer. Le chien avait été le compagnon de l'homme, et il avait pris part à ses festins. C'est au moyen d'une expérience analogue à celle qui précède, que le Rév. W. Buckland est parvenu, longtemps avant la découverte de Steenstrup, à révéler aux géologues surpris la nature de ces *coprolithes* ou excréments d'hyènes, si fréquents et si bien conservés dans les cavernes habitées jadis par ces féroces animaux (*Kirkdale, Lunel-Viel*, etc.).

*Chasse et pêche.*

Nul doute que la chasse et la pêche n'aient été au nombre des occupations les plus habituelles de l'homme primitif, soit en Danemark, soit en Suisse, soit en Italie.

On a trouvé dans certaines habitations lacustres (à Wangen, lac de Constance) des filets faits avec art, des poids d'argile, pour les enfoncer dans l'eau, et même des flotteurs de bois pour les maintenir à la surface.

Enfin, dans les cavernes du midi de la France, on a découvert des hameçons d'os qui indiquent une patience et un travail merveilleux.

A l'exemple des Californiens de nos jours, les Danois, les Suisses et les Italiens de l'âge de pierre tuaient aussi à coups de flèches le poisson dont ils se nourrissaient.

Quant à la chasse, on a de la peine à comprendre comment, avec de faibles armes de silex, les hommes de ces temps reculés pouvaient venir à bout de l'éléphant, de l'hippopotame et du rhinocéros.

Cependant Hérodote nous apprend que les Éthiopiens de l'armée de Xerxès tuaient les éléphants, et, de nos jours, Bruce affirme que les *Shangallas* terrassent le rhinocéros avec des armes aussi débiles, en apparence, que l'étaient celles des peuples primitifs.

Du reste, ces peuples avaient probablement recours, pendant leurs chasses aventureuses, à des piéges ou fosses couvertes de branchages, analogues à celles que nous décrit César, fosses dans lesquelles ils cherchaient à faire tomber les animaux qu'ils poursuivaient et qu'ils achevaient alors à coups de massue ou de couteau.

*Armes.*

Ces couteaux, ces casse-tête, ces poignards, ces pierres de fronde, ces haches grossières ou polies, que vous voyez étalés sous vos yeux, ne diffèrent pas sensiblement des armes dont se servent encore les sauvages de l'Australie, les Papous ou les Nouveaux-Zélandais.

*Industrie proprement dite.*

Les outils sont pour l'homme des instruments de travail, des organes supplémentaires, a dit avec raison M. Michel Chevalier. Sans les outils, en effet, nous serions réduits à une sorte d'impuissance, à une enfance perpétuelle.

Avec ses dents et ses ongles, l'homme tenterait en vain de dépecer le bois aussi bien que le rat ou le castor. Mais quel animal pourrait couper le bois aussi bien que l'homme, une fois armé de la scie? Quel animal, sans en excepter le pic lui-même, sera capable de percer un trou aussi net, aussi parfaitement arrondi, que celui que nous faisons avec la tarière ou le vilebrequin?

Aussi l'homme a-t-il cherché de bonne heure à multiplier ses moyens d'action, à donner à ses organes les suppléments que pouvait leur créer son intelligence. Au nombre des outils les plus anciens figurent donc : le couteau, la hache, la scie, le marteau, le ciseau de silex; le poinçon, l'aiguille, le lissoir, fabriqués avec l'os.

On nous a demandé souvent comment la hache était emmanchée. Les dessins qui sont là sous vos yeux (le professeur les décrit), et que j'emprunte à M. Boucher de Perthes, vous prouveront que les procédés alors suivis pour adapter les haches à leurs manches de bois de cerf, de renne ou de bois proprement dit, ressemblaient beaucoup à ceux que nous suivons nous-mêmes aujourd'hui, et encore plus à ceux qu'emploient les habitants de l'Australie et de la Papouasie ; c'est-à-dire que bien souvent la hache, simplement placée dans une bifurcation du manche, y est fixée solidement par des cordes ou par des tendons. Le grès servait, comme de nos jours, à aiguiser ces engins grossiers, mais précieux pour des peuples enfants.

La scie à main était fixée dans une mortaise, à l'aide d'un mastic résineux et passablement résistant. Industrie primitive, très-primitive sans doute, mais qui déjà marchait dans la voie qui a conduit les successeurs lointains des ouvriers de l'âge de pierre à ces exhibitions grandioses où s'étalent devant nos yeux émerveillés tous les prodiges de la moderne industrie.

*Céramique ou poteries.*

Outre des vases de corne de cerf ou de renne (vases à boire) et d'autres probablement de bois, les habitants des cavernes et des cités lacustres fabriquaient des poteries grossières, il est vrai, mais remplissant parfaitement le but auquel elles étaient destinées.

Faits d'argile, comme les nôtres, mais d'une argile mêlée de petits gravier, de grains de quartz ou de calcaire, ces vases fabriqués le plus souvent sans l'aide du tour et simplement séchés au soleil, reproduisent pourtant la forme de nos poteries modernes, ainsi que vous pouvez vous en convaincre par l'inspection de ceux que vous avez sous les yeux.

Les anses, quand ils en ont, ne manquent pas d'une certaine élégance; enfin les dessins dont ils sont ornés sont exécutés avec une grande simplicité. Ceux de Fimon, notamment, se distinguent par ce dernier caractère, surtout lorsqu'on les compare aux vases de Suisse et de Lombardie.

Digitized by Google

On a trouvé dans plusieurs d'entre eux des glands et d'autres fruits carbonisés.

Pots à braise, vases à boire, vaisselle culinaire à forme très-ventrue, afin d'offrir au feu une plus grande surface de chauffe, vases à provisions ou amphores, rien ne manque à ces premiers âges, si ce n'est le luxe effréné et les ruineuses inutilités de nos jours.

Une remarque essentielle à faire, en terminant ce peu de mots sur la poterie, c'est que, moins avancées sous ce rapport que les habitants des cavernes à Ours ou des cités lacustres, bon nombre de peuplades de l'Amérique septentrionale ou de l'Océanie ne connaissent pas l'usage des vases d'argile.

*Beaux-arts*

L'homme naît artiste comme il naît poëte.

Nous en voyons la preuve dans les dessins gravés sur la pierre ou sur l'os, dans ces sculptures dont le relief et les contours dénotent une main déjà passablement exercée. (Ici le professeur donne la description des dessins qu'il doit, dit-il, à l'obligeance et aux talents de M. le docteur Boudot, médecin stagiaire au Val-de-Grâce, et qui représentent une série de sculptures et de gravures exécutées sur la pierre ou sur l'os. Ce sont : 1° une tête de poisson, gravée sur un os d'oiseau de grande taille, extrait de la caverne de Bruniquel ; 2° la tête d'ours dessinée sur un andouiller de cerf, trouvé dans la caverne de Massat ; 3° les deux figures de cerf gravées à la pointe du silex sur un métatarsien d'un animal du même genre, provenant de la grotte de Savigné ; 4° les images de l'aurochs et du bouquetin, dessinées au trait sur des schistes ou phyllades quartzifères du Périgord ; 5° enfin le beau manche de poignard sculpté que MM. Lartet et Christy ont trouvé à Langerie-Basse, et qu'ils ont fidèlement représenté dans leur intéressant travail sur les *objets gravés et sculptés des temps pré-historiques dans l'Europe occidentale* (Paris, 1864, p. 31).

Vous êtes sans doute surpris, mesdames et messieurs, du fini de ces œuvres d'art, relativement à l'époque où elles se sont produites ; mais songez qu'il y aura bientôt deux mille ans, Phidias et Praxitèle faisaient sortir d'un bloc de marbre informe la Minerve et la Vénus dont aucun de nos artistes modernes n'a pu, je ne dirai pas surpasser, mais seulement égaler la désespérante perfection. Songez aussi, suivant la juste remarque de MM. E. Lartet et Christy, aux petits chefs-d'œuvre qu'exécutent, avec leurs couteaux grossiers, les pâtres du moderne Oberland (Suisse).

*Commerce et navigation.*

Sans aucun doute, les objets de provenance étrangère (tels que l'*ambre jaune* de la Baltique, le *corail blanc* de la Méditerranée, la *néphrite* de l'Orient, etc.), l'*étain* de Cornouailles, trouvés dans les habitations lacustres, indiquent un commerce d'échange avec des peuples navigateurs, probablement avec les Phéniciens, qui, de si bonne heure, avaient visité les côtes africaines et les rivages de la Baltique, où ils ont laissé, dit-on, des traces de leur culte. Les noms eux-mêmes de *grand Belt*, de *petit Belt*, *Baltique*, ne rappellent-ils pas celui de Baal ou Balder, et plus encore celui de la Baltis de Phénicie ? Quant aux embarcations légères ou pirogues creusées dans des troncs d'arbres à l'aide de la hache et du feu par les habitants du Danemark ou des cités lacustres, il est infiniment probable qu'elles ne servaient qu'à la pêche ou au transport des pierres destinées à former les *Steinberge*.

C'est aussi au moyen de ces légers esquifs que les citadins des lacs suisses se rendaient quelquefois de leurs habitations sur le rivage, ou du rivage à leurs habitations.

*Sépultures.*

Pendant ces âges reculés, on enterrait les morts, ou du moins on les renfermait dans des voûtes sépulcrales. On y plaçait les cadavres dans une attitude accroupie, les genoux presque en contact avec le menton, les bras repliés sur la poitrine et rapprochés de la tête ; en un mot, dans une attitude autant que possible semblable à celle que prend l'enfant dans le sein de sa mère : comme si ces hommes grossiers, accessibles déjà aux pensées philosophiques et aux graves réflexions qu'inspire la mort, voulaient par là indiquer que le trépas est bien près du berceau. Du reste, les cadavres, desséchés et entourés de nattes et de bandelettes, que l'on trouve dans les *chulpas* des Péruviens, présentent aussi l'attitude accroupie.

Cependant il ne faudrait pas croire que les habitants des cavernes n'enterraient jamais leurs morts en leur donnant la position horizontale. M. Lartet s'est convaincu du contraire, même à Aurignac, où il avait d'abord indiqué l'attitude *repliée* comme étant générale.

Notre célèbre paléontologiste est revenu sur cette idée avec toute la bonne foi qui caractérise l'honnête et vrai savant.

*Culte.*

Quoi qu'en dise Büchner, nous ne pensons pas que l'idée de Dieu ait été complétement étrangère à l'homme pré-historique. Les grandes scènes de la nature dont il était témoin, les périls incessants qui menaçaient son existence, la conviction si souvent acquise de sa propre faiblesse, ont dû porter de bonne heure sa pensée vers un être suprême, créateur de toutes choses, et par conséquent bien plus puissant que lui.

De là un culte quelconque rendu au Dieu de la nature. Des croissants d'argile, observés sur quelques poteries primitives, feraient aussi songer au culte de la lune. Enfin, M. Blanchet a émis une assertion difficile à prouver, je crois, quand il a dit que les habitations lacustres étaient la demeure exclusive des prêtres voués au culte des eaux.

*Langage.*

« Le langage, a dit Guillaume de Humboldt, est l'instinct intellectuel de la raison. »

Digitized by Google

En effet, l'homme est naturellement parlant, comme il est naturellement pensant.

Son premier langage ne fut donc que « l'écho de la nature dans la conscience humaine » (Renan, *Origine du langage*). Prédominance de la sensation, synthèse instinctivement savante, forme concrète de la pensée, exubérance de vie, richesse en métaphores, abondance d'*onomatopées* : tels furent probablement les caractères principaux de cette langue parlée par les peuplades primitives de notre Europe centrale, et en général tels sont les traits distinctifs de toute langue à son berceau.

Écoutez : Pour ouvrir ce grave préambule,
Jusqu'au berceau du monde il faut que je recule.
Choisissez pour flambeau, dans ces temps ténébreux,
Ou la mythologie, ou les livres hébreux,
Et, soit que l'Ouvrier de la grande semaine
Ait sur un vil limon moulé la race humaine,
Soit que vous admettiez que l'homme respira
En sortant des cailloux qu'amollissait Pyrrha,
Il n'importe. Aussitôt qu'il eut vu la lumière,
L'homme voulut créer une langue première,
Et marquer par le son, par le bruit de la voix,
Les objets qu'il voyait pour la première fois.
Il sut que l'Océan est bercé par la *houle*,
Que le cheval *hennit*, que le pigeon *roucoule*.
Il nomma *bêlement* la plainte du troupeau,
Entendit sous les joncs *coasser* le crapaud,
Fit à travers les bois *siffler* la froide *bise*,
*Craquer* avec *fracas* la poutre qui se *brise*.
Pour tous les animaux aux mugissements sourds,
Il inventa les noms de *loup*, de *bœuf* et d'*ours*,
Et son oreille enfin, de mille sons frappée,
Construisit tous ces mots par *onomatopée*.

(Barthélemy, *La vieille orthographe*.)

### RACES PRIMITIVES.

A quelle race appartenait l'homme primitif, qui, dans l'âge de pierre, vivait en Danemark, en France, en Suisse, en Italie? Question bien naturelle à s'adresser, mais bien difficile à résoudre en l'absence de documents maintenant assez complets.

Cependant tout nous porte à croire, avec M. Paolo Lioy, que les habitants des cavennes et des cités lacustres étaient *autochthones* ou *aborigènes*, et qu'ils eurent à lutter contre les Aryas (ou *souverains*, *seigneurs*), qui immigrèrent de l'Orient dans l'Europe alors sauvage, et refoulèrent ou détruisirent sa population, à peu près comme les Aryas d'aujourd'hui, c'est-à-dire les Anglais, les Espagnols, etc., refoulent ou exterminent les populations sauvages de l'Australie et des deux Amériques.

Quant aux caractères physiques et anatomiques de cette race primitive déjà fixée dans l'Europe centrale, on s'accorde assez généralement à dire qu'elle était de taille petite ou médiocre, et qu'elle appartenait au type *brachycéphale*, type caractérisé, comme on sait, par la brièveté du diamètre antéro-postérieur du crâne, comparé à celui du type désigné sous le nom de *dolichocéphale* (crâne allongé d'avant en arrière).

Mais, avant tout, il faudrait prouver que la *brachycéphalie* et la *dolichocéphalie* sont des caractères réellement distinctifs pour les races. C'est ce qui n'a pas été fait d'une manière rigoureuse, du moins jusqu'à présent.

Il n'est pas mieux démontré que la population autochthone dont nous parlons fut *prognathe* (*à museau saillant*) ou *orthognathe* (*face droite, mâchoires non saillantes en avant*).

Les crânes d'Eugis et de Bruniquel déposent évidemment contre le *prognathisme*, si celui de Néanderthal paraît fournir une preuve en sa faveur. D'ailleurs est-il possible, avec les éléments actuels, de résoudre logiquement et péremptoirement ce difficile problème?

Nous ne pouvons que répéter à cet égard ce qu'écrivait naguère M. Perrier, vice-président de la *Société d'anthropologie* et médecin en chef des Invalides, dans sa remarquable et savante étude *sur les Celtes* (Paris, 1865). « Qui dit origine, dit problème impénétrable à notre esprit; et, dans l'état présent des choses, ce n'est pas sans quelque témérité que l'on s'attaque à cette inconnue, tant la lutte est inégale. La voie des conjectures est seule ouverte, et il se peut qu'elle conduise parfois au but. Mais les conjectures ne sont pas des faits; entre les unes et les autres il y a un abîme. » (*Loc. cit.*, p. 29.) Or, en ce qui touche aux caractères anatomiques, et plus encore à la couleur de la race autochthone qui peupla nos contrées à l'origine des âges, nous en sommes jusqu'à présent presque réduits à des conjectures. Attendons les faits, tâchons de les découvrir et de les multiplier; nous conclurons ensuite, et la vraie science y gagnera.

Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent suffirait, et au delà, sinon pour entraîner vos convictions, du moins pour disposer vos esprits en faveur de la haute antiquité de l'homme et de sa contemporanéité avec certaines espèces perdues. Reprenons quelques-unes des preuves que nous n'avons fait qu'indiquer en passant, et cherchons à leur donner maintenant toute la valeur affirmative qu'elles contiennent. Examinons d'abord et de plus près nos silex en forme de haches ou de couteaux.

Qu'ils portent l'empreinte d'un travail humain, la chose est pour nous des plus incontestables. Tout imparfait qu'il nous semble, quand nous jugeons par comparaison, ce travail nous atteste l'existence de l'homme d'une manière aussi certaine que pourraient le faire le Louvre ou le Panthéon.

Et cependant, que n'a-t-on pas dit pour atténuer et même pour anéantir les indices fournis par ces silex taillés! On a dit, entre autres balourdises, qu'ils avaient été formés par la foudre et lancés par elle sur la terre. On a dit que c'étaient de simples éclats de silex, détachés d'une masse plus considérable par l'action d'un froid très-intense.

Et l'on s'est moqué des Chinois et des Japonais, qui, depuis un temps immémorial, vénèrent ces *pointes* de

Digitized by Google

*flèches* comme étant des instruments très-employés par leurs premiers ancêtres !

Car, notez-le bien, mesdames et messieurs, des silex évidemment ébauchés par l'homme se rencontrent, non-seulement en France (1), en Italie, en Danemark, mais encore en Asie (Babylone, Ninive), en Amérique, partout.

On a dit encore que c'étaient des *pierres à fusil*, ce qui suggère à M. Victor Meunier cette réflexion toute naturelle, que ceux qui ont émis cette assertion n'ont pas très-certainement *inventé la poudre* à tirer. Puis quand il n'a plus été possible de nier l'action de l'homme sur ces haches, sur ces pointes de flèches, sur ces couteaux trouvés dans le *diluvium* d'Abbeville et de Moulin-Quignon, à de très-grandes profondeurs, on a prétendu que ces objets avaient été mis là par de malins ouvriers, que même ils s'y étaient mis *tout seuls*, et que d'ailleurs le terrain ayant été remanié, on ne pouvait rien conclure relativement à leur antiquité, et conséquemment par rapport à l'antiquité de l'homme qui les avait fabriqués.

Enfin, le dirai-je, il fallut qu'en 1859, un savant Anglais (M. Prestwich), qui avait très-longuement et très-sérieusement étudié la question, vînt déclarer *urbi* et *orbi* que :

1° Les instruments de silex sont l'œuvre des hommes.

2° Ils ont été trouvés dans des terrains vierges.

3° Ils étaient joints à des débris d'espèces éteintes.

4° Cette période était une des dernières des temps géologiques, et antérieure au temps où la surface de la terre avait reçu sa configuration actuelle.

M. Prestwich faisait précéder ses conclusions du préambule que voici :

« La non-existence de l'homme sur la terre jusque après les derniers changements géologiques, et l'extinction des mammouths et autres mammifères gigantesques, était presque considérée comme une chose manifeste et un fait établi. Mais maintenant *cet article de foi de la science doit être revisé*, et voici des instruments travaillés de main d'homme, découverts dans les profondeurs du globe. » (Boucher de Perthes, *L'homme antédiluvien*, p. 42. Paris, 1860.)

La déclaration était solennelle; elle était appuyée d'un nom revêtu d'une juste autorité, et cependant nos savants doutaient encore. « Que l'on nous montre, disaient-ils, des os humains à côté des silex ou mêlés aux ossements d'espèces perdues, et alors, mais seulement alors, nous croirons au travail exécuté sur les uns (*sur les silex*), et à la coexistence des autres (*des ossements humains*) avec les races éteintes. »

En vain M. Boucher de Perthes se récriait-il contre tant d'exigences; en vain cherchait-il partout avec ardeur, avec une incessante activité, ces débris doublement précieux de la machine humaine, il ne pouvait les rencontrer nulle part. Enfin il les trouva le 28 mars 1863, et ce jour-là dut être un beau jour pour l'auteur d'une découverte si longtemps attendue.

Cette découverte d'une mâchoire humaine enfoncée à $4^m,70$ dans les bancs diluviens *non remaniés* de Moulin-Quignon apportait aux plus difficiles et aux plus incrédules la preuve tant de fois demandée; mais, en réalité, ainsi que le dit très-bien le savant M. d'Archiac, cette découverte « est un simple fait qui vient confirmer des preuves d'une plus grande valeur par leur nombre et leur généralité. » (D'Archiac, *Du terrain quaternaire et de l'ancienneté de l'homme dans le nord de la France*, p. 44, Paris, 1863.)

(Exemple : *silex taillés* ou os d'*espèces perdues* trouvées dans le même gisement que les silex, etc., etc.)

« La question est résolue par le fait, ajoute M. d'Archiac, et il importe peu, au fond, que le sable et les cailloux roulés de Moulin-Quignon soient ou ne soient pas quaternaires.

» Le résultat général essentiel, le point théorique qui doit tout dominer ici, savoir, l'ancienneté de l'homme et sa contemporanéité avec les espèces de grands mammifères éteints, ne saurait en être affecté, et la démonstration ne perdrait rien de sa valeur pour être seulement appuyée sur des produits de son industrie, au lieu de l'être sur les restes de son squelette. »

Que pourrions-nous ajouter à une déclaration si imposante et si formelle? Rien, si ce n'est quelques preuves authentiques qui sont maintenant sous vos yeux.

Voici deux mâchoires inférieures de l'*Ours des Cavernes* qui ont été fracturées, très-probablement par l'homme, sur l'animal vivant, et où la réunion des fragments s'est opérée de la manière normale. Voici un crâne de la même espèce (*crâne de Nabrigas*) qui a été percé sur sa partie frontale par une flèche de silex? C'est aussi une flèche de silex que nous voyons adhérer encore à cette vertèbre de jeune Renne trouvée dans la caverne des Eyzies par MM. Lartet et Christy. Enfin, je dois vous dire que le major Wauschope a trouvé un marteau de silex enfoncé dans le crâne d'un Cerf à bois gigantesques (*Megaceros hibernicus*).

Cette dent d'*Ursus spelæus*, qui a servi à faire un couteau dont l'émail forme le tranchant; cette phalange du même animal percée d'un trou qui la traverse de part en part; ces têtes de flèches barbelées faites de bois de cerf ou de renne, et dont les rainures semblent encore toutes prêtes à recevoir le poison qui les rendait jadis si dangereuses; ces bois où la scie de silex a laissé si visiblement son empreinte; ces ossements d'espèces perdues façonnés en couteaux, en lissoirs, en poinçons, en épingles, en aiguilles, en sifflets même ou en objets de parure; tant de preuves réunies, mesdames et messieurs, ne vous gagnent-elles pas à la cause de M. Boucher de

(1) En 1853, mon savant collègue, le docteur Noulet, a trouvé aux environs de Clermont (Haute-Garonne), des silex taillés, enfouis dans le diluvium avec des os d'*Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, etc.

Digitized by Google

Perthes, qui est aussi la nôtre, parce que nous la croyons celle de la vérité? (1).

Il est bien évident que les os ainsi travaillés n'ont pu l'être qu'à l'état frais, c'est-à-dire quand ils contenaient la totalité de leur *osséine*, ou partie organique. Aujourd'hui, malgré le laps de temps énorme qui s'est écoulé (cent mille ans! dit Lyell, qui sur ce point n'en sait pas plus que nous), depuis le moment où la main de l'homme les façonnait à son gré, ces mêmes ossements n'ont pas perdu leur substance organique. La proportion qu'ils contiennent encore, les analyses de M. Delesse l'ont démontré, est, à peu de chose près, la même que celle que ce savant a constatée dans les os humains rencontrés avec les débris des mammifères éteints. Nouvelle preuve de la coexistence de l'un avec les autres.

### *Configuration des continents.*

Pressé par l'heure, je ne ferai valoir auprès de vous aucun des arguments que je pourrais tirer de la conformation actuelle des continents. Je me bornerai à vous dire qu'à l'époque où vivaient le Mammouth, l'Ours des cavernes, le Rhinocéros aux narines cloisonnées, etc., et par conséquent l'homme lui-même, nos continents n'avaient pas, tant s'en faut, leurs reliefs orographiques et leurs contours actuels. Le pays qui fut plus tard la France n'était pas séparé de l'Angleterre par la Manche; le détroit de Gibraltar n'existait pas; la Barbarie était reliée à l'Espagne, etc. Les hommes d'Abbeville ou d'Aurignac auraient donc pu aller à pied de Paris à Londres, si Londres et Paris eussent alors existé.

### *Histoire et chronologie historique.*

Quant à l'histoire et à la chronologie post-historique, inutile de les consulter pour la question qui nous occupe. En effet, l'une est muette sur les événements qui ont précédé sa naissance; l'autre ne cite que des dates incertaines et qui ne remontent pas au delà de deux mille ans avant l'ère chrétienne.

En outre, c'est M. Lartet qui nous l'apprend, il s'est produit plus de cent quarante opinions sur la seule date de la création, et, entre les variantes extrêmes, il y a un désaccord de trois mille cent quatre-vingt-quatorze ans, seulement pour la période entre le commencement du monde et la naissance de Jésus-Christ!

Laissons donc là toutes ces discussions, résumons la nôtre et concluons.

Maintenant, messieurs, l'ensemble de preuves que je viens d'avoir l'honneur de vous exposer yeux m'autorise, je crois, à conclure que l'homme existait en même temps que ces espèces perdues, dont les débris sont réputés *fossiles* dans toute l'extension de ce mot. A cette même époque, le Mammouth se promenait en toute liberté dans nos vastes forêts. Avec lui vivaient le Rhinocéros à narines cloisonnées, le Cerf à bois gigantesques et le Renne, aujourd'hui confiné dans les latitudes septentrionales. L'Hippopotame plongeait sa lourde masse dans nos grands fleuves; des Ours nombreux habitaient nos cavernes; les Hyènes en faisaient leur séjour et venaient y dévorer leur proie.

Nos ancêtres, ou pour mieux dire nos *prédécesseurs*, avaient cherché un abri dans ces mêmes cavités, ou s'en faisaient des lieux de sépulture. Ils se vêtaient de la dépouille des bêtes fauves ou de la toison de la brebis ou de la chèvre, et se nourrissaient de leur chair, à laquelle ils ajoutaient celle du cheval, de l'éléphant et du rhinocéros.

Ils ignoraient l'usage des métaux; mais l'homme antédiluvien, armé de la fronde et de flèches, de casse-tête, de lances et de poignards de silex ou d'os, poursuivait et terrassait ces colosses dont les débris nous étonnent encore. De plus, il avait établi des échanges avec les autres hommes disséminés sur la surface du globe; il avait quelques notions des arts: le dessin, la gravure, la sculpture avaient pris naissance; et, s'il est vrai

Que c'est par le dessin qu'il trouva l'écriture,

l'écriture elle-même était peut-être inventée. Enfin, messieurs, vivant en famille ou groupé par tribus, l'homme préadamite avait des lois quelconques; il honorait les morts, et il rendait un culte tel quel au Dieu de la nature, peut-être même avait-il l'idée d'une vie à venir. Son moe de sépulture semblerait l'indiquer.

Sans doute, ce sont là les premiers pas de l'enfance dans la voie du progrès; mais ces pas, d'abord chancelants, devaient devenir plus assurés: c'était un présent déjà plein de promesses pour l'avenir.

Certainement, messieurs, ces marteaux fragiles de silex des premiers habitants des Gaules, ne peuvent pas se comparer à ces lourds martinets qu'une chute d'eau ou la vapeur mettent en mouvement dans nos usines. Il y a bien loin de ces frêles esquifs, de ces pirogues creusées par la hache et le feu, à nos immenses vaisseaux de guerre cuirassés. Il y a bien loin encore de ces tissus grossiers fabriqués à Wangen et à Robenhausen, avec ces tissus souples, délicats, splendides, que produisent nos métiers à la Jacquart.

Les hommes de l'âge de pierre et de l'âge de bronze ne se doutaient certainement pas qu'un jour les machines les plus ingénieuses remplaceraient le travail des mains et en centupleraient les produits en les perfectionnant. Ils ne pouvaient pas s'imaginer que la vapeur transporterait en quelques jours nos vaisseaux de l'un à l'autre hémisphère; que le blond Phébus et la pâle Phébé peindraient eux-mêmes leur portrait dans une chambre obscure; que le maître du tonnerre, Jupiter aux noirs sourcils, comme on devait l'appeler plus tard, serait réduit de nos jours au rôle de simple facteur de la poste aux lettres, et que l'homme armé de la pile de Volta pourrait introduire une lumière plus brillante que

(1) Toutes les pièces dont il vient d'être question ont été vues et même examinées par un grand nombre d'auditeurs, qu'elles ont paru vivement intéresser.

Digitized by Google

le soleil là où le soleil n'avait jamais pénétré. Ils ne se doutaient pas surtout que leur propre existence serait contestée et même niée par les savants de l'Institut.

Honneur donc à M. Boucher de Perthes ! honneur à tous ces travailleurs, grands et petits, qui ont cherché à réhabiliter l'homme fossile aux yeux des corps savants, et à établir ainsi, sur des bases qui vont chaque jour s'affermissant, un des points les plus importants dans l'histoire de l'humanité !

Quant à moi, messieurs, je vous remercie du fond de l'âme de l'accueil bienveillant que vous avez daigné faire à l'*homme fossile*, et de l'attention grave et soutenue que vous avez prêtée aux paroles de l'un de ses défenseurs, le plus obscur, mais le plus convaincu.

N. Joly.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

### XXII.

**Physiologie du bulbe rachidien. — Nœud vital.**

Après avoir décrit rapidement l'anatomie du bulbe rachidien, qui commence l'encéphale, j'aborderai immédiatement la physiologie de cette partie des centres nerveux, mais auparavant je veux attirer votre attention sur ce que je vous ai dit au sujet des pyramides antérieures.

Les pyramides antérieures ne sont pas exclusivement la continuation des faisceaux antérieurs de la moelle. On s'était fait à ce sujet des idées complétement erronées. Surtout depuis les recherches d'Arnold, confirmées par M. Longet, on sait que les pyramides se divisent en deux parties : l'une externe, qui ne s'entrecroise pas, et qui est la continuation d'une partie des faisceaux antérieurs, et une partie interne, qui s'entrecroise par des languettes, lesquelles vont, comme l'a démontré Rosenthal, dans les cordons latéraux du côté opposé.

Mais les relations des pyramides antérieures avec la moelle sont plus complexes encore. Nos recherches avec M. Philipeaux (1852), qui sont d'accord avec celles de M. Lockart-Clarke, ont prouvé que les fibres entrecroisées émanent : 1° des faisceaux latéraux ; 2° des faisceaux antérieurs ; 3° des faisceaux postérieurs ; 4° de la substance grise de la moelle du côté opposé.

Les pyramides antérieures traversent la protubérance et vont constituer une partie des pédoncules cérébraux, à la surface desquels leurs prolongements forment une saillie très-distincte chez certains animaux, les ruminants par exemple. Elles se rendent surtout dans les corps striés, et, si l'on en doutait, je vous dirais que la pathologie nous en donne une preuve péremptoire. Dans les cas de lésion profonde des corps striés par hémorrhagie ou ramollissement, comme les corps striés sont les centres trophiques principaux de ces fibres, on voit, après un certain temps, une partie des fibres pyramidales s'atrophier. Les pyramides antérieures prennent une teinte grisâtre. Un examen microscopique fait reconnaître que l'altération a envahi, par la marche descendante, le faisceau antérieur du côté correspondant à la lésion, et une partie du faisceau latéral du côté opposé, à savoir, la partie postérieure de ce faisceau. L'attention a été appelée sur ces faits, d'abord par M. Cruveilhier, et ensuite par M. Ludwig Türk. Nous avons vu plusieurs cas très-remarquables de cette atrophie secondaire de la moelle avec M. Charcot, et nous avons présenté plusieurs fois à la Société de biologie des pièces qui ne pouvaient laisser aucun doute à cet égard.

L'anatomie vous a montré que la moelle allongée est un organe intermédiaire entre le cerveau et la moelle, et de plus qu'il est un centre nerveux.

Nous allons procéder comme pour la moelle épinière : 1° Nous chercherons à déterminer l'effet des excitations sur les diverses parties de la moelle allongée ; 2° nous étudierons la moelle allongée, considérée comme organe de transmission ; 3° et enfin nous verrons le rôle que joue le bulbe rachidien comme centre, par rapport à la moelle épinière et par rapport aux nerfs qui en naissent.

A. *Effet des excitations.* — Rien n'est difficile comme d'obtenir des résultats bien nets en cherchant à irriter, soit les pyramides antérieures, soit les olives, soit les faisceaux sous-olivaires. Le bulbe rachidien, en effet, est situé à l'intérieur du crâne ; il faut une opération compliquée pour arriver à exciter isolément tel ou tel faisceau, et encore on ne peut presque jamais être certain d'avoir complétement réussi.

Lorsque l'excitation porte sur les pyramides antérieures, on obtient des convulsions, mais il est difficile de savoir si elles ne sont pas provoquées par la douleur, s'il n'y a pas à la fois sensibilité et excitation motrice centrifuge. Pour les olives, on n'obtient que des résultats très-vagues ; pour les faisceaux sous-olivaires, il y a encore convulsion, mais on ne sait pas non plus si la couleur ne les cause pas.

Quant aux résultats obtenus par l'excitation des faisceaux restiformes, on aurait pu croire qu'il n'y aurait pas de discussion, et cependant nous trouvons encore ici des opinions très-opposées, soutenues par M. Longet et par M. Brown-Séquard : le premier considère ces faisceaux comme très-sensibles ; le second leur refuse toute sensibilité. En réalité, ce problème est très-complexe ; nous devons affirmer toutefois que l'excitation de ces faisceaux produit de vives douleurs. Ces jours derniers, nous avons encore répété plusieurs fois cette expérience, et nous avons obtenu de nouveau ce résultat d'une façon constante. Quant aux faisceaux postérieurs et aux fais-

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et les nos 7, 8 et 13 de la seconde.

Digitized by Google

ceaux descendants de la cinquième paire, qui se montrent à la surface du bulbe chez certains animaux, ils sont très-sensibles aussi. Il en est de même des pyramides postérieures, comme nous l'avons constaté nous-même. La face postérieure du quatrième ventricule est sensible, mais certainement elle l'est moins que les faisceaux restiformes.

Vous parlerai-je de l'effet produit par l'excitation des noyaux de substance grise que nous trouvons dans le bulbe? L'expérience ici présente de très-grandes difficultés, mais par analogie il nous est permis d'affirmer qu'ils sont tout à fait inexcitables.

B. *Sens suivant lequel se fait la transmission dans le bulbe.* — Je vous l'ai déjà dit, le bulbe est un intermédiaire entre la moelle épinière et le cerveau. Il faut donc l'envisager au point de vue de la transmission centrifuge ou motrice, et au point de vue de la transmission centripète et sensitive. Cette transmission se fait-elle directement ou suivant une voie croisée?

1° *Sensibilité.* — Pour la sensibilité, la question est obscure pour le moins autant que pour la moelle épinière. Pour M. Flourens, elle serait directe; pour M. Calmeil, ce serait à la fois une transmission directe et une transmission croisée. M. Longet adopte aussi cette opinion, qui est vraie. En effet, une hémisection du bulbe n'abolit la sensibilité ni d'un côté ni de l'autre; elle reste la même dans les deux membres. Il en est de même d'une section suivant la ligne médiane; mais on ne doit pas dire que la sensibilité se transmet suivant une voie directe ou croisée, ni à la fois suivant une voie directe et une voie croisée. Je crois qu'il n'y a pas de route tracée d'avance; que partout où il se trouve de la substance grise, il y a une voie ouverte à la sensibilité. Les faisceaux blancs du bulbe ne doivent prendre qu'une faible part, au moins directement, dans la transmission des impressions sensitives.

2° *Mouvement.* — C'est une question bien intéressante que de savoir si la transmission centrifuge est directe ou croisée par l'intermédiaire du bulbe. Nous trouvons en présence bien des opinions, mais entre les auteurs l'expérience seule doit juger en dernier ressort.

Au point de vue anatomique, il y a dans le bulbe un entrecroisement des plus manifestes, celui des pyramides antérieures. Il faut savoir si ces pyramides servent à un entrecroisement complet des excitations motrices centrifuges. M. Brown-Séquard est disposé à dire oui, d'après les résultats que lui a fournis l'expérience. Or, c'est une expérience des plus difficiles à faire, malgré ses apparences de simplicité. Les faits pathologiques sembleraient indiquer une solution; dans les cas d'hémorrhagie cérébrale, on observe une abolition du mouvement du côté opposé. Il semble que chez l'homme il en soit ainsi, et que cette transmission croisée ait lieu par l'entrecroisement des pyramides antérieures. Mais nous devons nous hâter d'ajouter que les faits pathologiques sont bien loin de présenter la même netteté que présentent les résultats de l'expérience.

Or, voici quelles sont les expériences que l'on peut faire dans le but d'éclairer cette question. Une lésion considérable des pyramides antérieures allant jusqu'à la ligne médiane produit une diminution des deux côtés. Il y a donc entrecroisement partiel. On peut plonger l'instrument dans le bulbe, couper à droite ou à gauche toute une moitié, et, sachez-le bien, il n'y a pas de paralysie *absolue* ni d'un côté ni de l'autre.

Il est une autre expérience plus probante, qui consiste à diviser d'avant en arrière l'entrecroisement des pyramides. Cette expérience présente des difficultés assez sérieuses. On veut suivre la ligne médiane, on croit que l'on ne dévie ni d'un côté ni de l'autre, et cependant le plus souvent on arrive, soit à droite, soit à gauche, sur la face opposée du bulbe. En 1851, nous avons fait un grand nombre d'essais, et sur trente expériences nous n'avons constaté que deux fois une section bien complète, passant exactement d'avant en arrière par la ligne médiane du bulbe. Le chien se tenait debout, il pouvait même faire quelques pas, mais faiblement et en chancelant. Ce résultat, qui a été observé dans les meilleures conditions, renverse l'opinion de M. Brown-Séquard, qui veut que toutes les incitations volontaires passent par les pyramides antérieures.

Il est donc prouvé qu'il n'y a réellement qu'un entrecroisement incomplet, et que l'influence de la volonté ne s'exerce pas exclusivement sur les nerfs moteurs par l'intermédiaire des parties entrecroisées des pyramides antérieures.

Mais on peut aller plus loin. Si l'on pratique sur un cochon d'Inde une section en travers de toute une moitié du bulbe, l'animal peut encore agiter ses quatre membres; il n'y a pas paralysie du côté opposé, comme nous l'avons montré dès 1852 et 1853. L'hémisection du bulbe rachidien, comme l'a prouvé Magendie, paralyse la sensibilité du côté correspondant de la face, en divisant transversalement la racine descendante du trijumeau. Il est probable qu'il y a pour la transmission des excitations centrifuges quelque chose d'analogue à ce que nous avons vu pour les excitations centripètes. Il n'y a pas de route tracée absolument d'avance, et si l'on s'en tenait aux données anatomiques seulement, on n'arriverait qu'à des notions erronées. Telles sont les particularités principales relatives au bulbe, envisagé comme organe de transmission.

C. *Centre.* — Nous avons dit et répété que le bulbe est un centre spécial dont les fonctions sont des plus importantes. Au nombre de ces fonctions, et en première ligne, nous avons montré le bulbe servant d'origine à un grand nombre de nerfs. Nous avons parlé de ces noyaux d'origine (*Stilling*); nous avons pris le facial comme type, parce qu'il nous a été permis de contrôler sur ce nerf les données de l'anatomie par la physiologie, et de vous montrer la précision des résultats fournis par cette der-

Digitized by Google

nière science. Je vous ai fait voir que le facial naît d'un noyau situé dans le bulbe du même côté que celui de son origine apparente. Nous avons vu, de plus, que les deux noyaux sont reliés par des fibres commissurales dont le but est d'assurer leur synergie fonctionnelle. Enfin, et j'insiste sur ce point d'une importance du premier ordre, qui doit vous rappeler ce que je viens de dire des rapports du bulbe rachidien avec les nerfs spinaux, il y a entrecroisement; mais il est impossible d'assigner une route définie à cet entrecroisement, qui paraît être incomplet. Souvenez-vous qu'une section médiane détruit le synchronisme du clignement des deux yeux; c'est-à-dire qu'après cette section faite entre les noyaux du facial, l'animal ne peut plus cligner des deux yeux en même temps.

Les anatomistes, se basant sur des faits pathologiques, ont admis que de chaque noyau d'origine des faciaux partent des fibres entrecroisées. On a décrit ces fibres entrecroisées, elles n'existent pas; il n'y a pas de fibres qui servent de route tracée d'avance pour le passage des excitations de l'encéphale vers le facial.

L'anatomie doit ici céder le pas à la physiologie. On a décrit des fibres; si elles existaient, rien ne serait plus facile que de les diviser. Or, on ne les coupe assurément pas. Non-seulement une section médiane ne paralyse aucun des faisceaux, mais on peut encore pratiquer une section circulaire autour des noyaux sans produire de paralysie sur les faciaux. Sans doute, il y a entrecroisement à l'état normal; lorsque les actes sont régis par la volonté, cet entrecroisement occupe un point fixe que nous ne pouvons déterminer; on peut mettre en rapport les nerfs d'un côté avec l'hémisphère cérébral du côté opposé, mais cet entrecroisement est incomplet, et se déplace lorsque l'on fait une section; il se transporte tantôt dans un point, tantôt dans un autre de la substance grise.

Ce que je vous ai dit pour le facial s'applique à tous les autres nerfs qui naissent du bulbe. Défiez-vous de ces anatomies qui sont dirigées par les présomptions physiologiques. Il faut toujours faire de l'anatomie sans idées préconçues.

Pénétrons maintenant plus avant dans les fonctions de la moelle allongée, considérée comme centre, et les données que je viens d'indiquer vont nous servir à chaque pas.

Legallois, et surtout M. Flourens, ont montré que le bulbe rachidien est l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire. M. Flourens ne s'en est pas tenu à cette notion, il a cherché à établir que la moelle allongée est l'organe central de toutes les fonctions de conservation.

Rien n'est compliqué comme la physiologie du bulbe, on peut facilement en faire la partie tout à fait dominante de tout le système nerveux central.

Dans le bulbe rachidien se trouvent les agents du mécanisme de la déglutition, agents qui paraissent la gouverner complétement. Il est certain que si l'on enlève sur un jeune animal, un chat ou un cochon d'Inde nouveau-né, toutes les parties situées en avant du bulbe rachidien, on peut provoquer encore la déglutition réflexe; en plaçant le doigt dans la bouche de l'animal, on voit que les mouvements du pharynx s'exécutent encore. Il y a évidemment dans la moelle allongée un point où tous les agents de la déglutition s'enchaînent et se lient les uns aux autres. La contre-épreuve nous amène au même résultat : une lésion du bulbe rompt cet enchaînement, détache les agents les uns des autres et rend l'action du mécanisme impossible.

Il est facile de comprendre que ce soit là le lieu de coalescence, d'association, pour ainsi dire, des ressorts de la déglutition, car c'est là que naissent les nerfs hypoglosses, nerfs de la langue; c'est là aussi que prennent leur origine les nerfs moteurs et sensitifs de la langue, les hypoglosses, les trijumeaux, les glosso-pharyngiens et les faciaux, nerfs qui concourent à ce mouvement réflexe de déglutition. Mais comment se fait cette concaténation? On n'en sait rien. Des anatomistes, pour lesquels le microscope n'a que des complaisances, se sont chargés de l'expliquer. Ils ont décrit des rapports entre les noyaux d'origine; des fibres qui vont d'un des foyers à l'autre. Ils ont vu, de très-bonne foi, ce qu'ils désiraient voir.

Je crois vous en avoir assez dit pour vous mettre sur vos gardes sur de semblables notions. — E. Bremond.

— La suite très-prochainement. —

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*Viennent de paraître :*

Antécédents de l'hégélianisme dans la philosophie française, par M. Beaussire, professeur à la Faculté des lettres de Poitiers. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

Critique et histoire de la philosophie, fragments et discours, par M. Emile Saisset, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des lettres. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

Le Protestantisme libéral, par M. le pasteur Th. Bost. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

— Les volumes qui seront le plus prochainement publiés dans la *Bibliothèque de philosophie contemporaine* sont les suivants :

*La Science de l'invisible*, par M. Charles Lévêque, professeur au collége de France.

*Du plaisir et de la douleur*, par M. Francisque Bouillier, inspecteur général de l'Université.

*La crise philosophique :* MM. Taine, Renan, Vacherot et Littré, par M. Paul Janet, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des lettres.

*La Philosophie de l'art*, par M. H. Taine, professeur à l'École des beaux arts.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 17. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 25 MARS 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1) | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, | 15 fr. | Départ., | 18 fr. | Étranger, | 20 fr. |
| Un an..... | — | 26 | — | 30 | — | 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences.**

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Histoire naturelle.** — Conférence de **M. Blanchard** : De la production de la soie et de quelques autres matières textiles fournies par les animaux.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Physique.** — Conférence de **M. Lissajoux** : Étude des sons musicaux.

ÉCOLE DE PHARMACIE. — **Botanique.** — Cours de **M. Chatin.** VII. Des feuilles.

Paris, 24 mars 1865.

Lundi dernier, M. Flourens a fait à l'Académie des sciences une communication relative à ses travaux sur la reproduction de l'os par le périoste, et il a présenté des *radius* de bouc qui s'étaient complétement régénérés, grâce à cette propriété du périoste.

M. Regnault a présenté une nouvelle machine pneumatique inventée par M. Deleuil, et propre à faire le vide dans de grands espaces. Dans les machines ordinaires, le frottement des pistons contre les corps de pompes développait une quantité considérable de chaleur, qui forçait à interrompre l'opération au bout d'un certain temps, pour la reprendre ensuite lorsque les pistons étaient refroidis. M. Deleuil est parvenu à éviter cet inconvénient en supprimant toutes les matières destinées à produire l'adhérence du piston; dans sa machine, le piston est simplement formé d'un cylindre de cuivre muni de rainures horizontales assez profondes, et c'est l'air lui-même qui, tendant sans cesse à s'échapper, mais dans des sens opposés, suivant le moment que l'on considère, forme entre le corps de pompe et le piston une sorte de bourrelet gazeux qui empêche toute communication entre l'extérieur et l'intérieur de l'appareil. La machine de M. Deleuil, qui est à un seul corps de pompe, paraît, du reste, bien plutôt destinée aux applications industrielles qu'aux recherches scientifiques, car elle ne peut faire descendre la pression barométrique que jusqu'à une hauteur minimum de 8 à 18 millimètres, suivant l'étendue de l'espace sur lequel on opère.

M. Fremy a présenté un travail de M. Stanislas Meunier, préparateur de chimie à l'École polytechnique, d'où il résulte que certains oxydes métalliques, notamment l'oxyde de cadmium, considérés jusqu'ici comme exclusivement basiques, pourraient également jouer le rôle d'acides, et s'unir à des bases puissantes, comme la potasse ou la soude.

M. Charles Sainte-Claire Deville a donné lecture d'une lettre de M. Fouquier, contenant des détails fort intéressants sur la récente éruption de l'Etna, dont nous avons parlé ici même il y a un mois. M. Fouquier a été envoyé sur les lieux par le ministère de l'instruction publique pour étudier au point de vue de la géologie toutes les circonstances de cet important phénomène, et les résultats de sa mission, — qui n'est pas exempte de dangers, — paraissent devoir le récompenser largement des longues fatigues qu'il aura supportées. Il est accompagné d'un photographe, qui est déjà parvenu à prendre plusieurs bonnes vues, malgré des circonstances atmosphériques peu favorables, et les savants pourront ainsi assister dans leur cabinet à toutes les phases de cette grande éruption volcanique.

Enfin, M. Coulvier-Gravier a présenté un mémoire contenant le résumé des observations météorologiques qu'il a exécutées d'une manière suivie depuis un grand nombre d'années. Ce mémoire a donné lieu à quelques re-



Digitized by Google

marques de M. Charles Sainte-Claire Deville, qui devait faire dans cette séance une communication relative à l'une des questions abordées dans le mémoire de M. Coulvier-Gravier, savoir, les rapports qui peuvent exister entre le phénomène des étoiles filantes et la température de l'atmosphère. M. Charles Sainte-Claire Deville exposera dans la prochaine séance les observations qu'il a faites à ce sujet et les conclusions qu'il en a tirées.

Les conférences historiques de la Faculté de médecine ont été inaugurées lundi dernier par M. Verneuil, au milieu d'une foule considérable. Nous publierons cette intéressante conférence dans notre prochain numéro. Lundi prochain, M. Lasègue parlera de l'école de Halle, et spécialement de Frédéric Hoffman et de Stahl.

Mercredi dernier, l'Association scientifique fondée par M. Le Verrier a tenu sa séance annuelle dans la grande salle de la Sorbonne. M. Troost a répété devant l'assemblée les expériences de MM. Schlœsing et Demondésir sur la combustion des mélanges gazeux.

Enfin, ce soir même, vendredi, M. Hollard, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, fait dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne une conférence *sur l'unité de l'espèce humaine.*

Émile Alglave.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

## HISTOIRE NATURELLE.

### CONFÉRENCE DE M. ÉMILE BLANCHARD.
(de l'Institut.)

**De la production de la soie, et de quelques autres matières textiles fournies par les animaux.**

Messieurs,

Il y a dix-neuf à vingt siècles, des tissus d'un éclat incomparable, des étoffes d'une éblouissante richesse commençaient à se répandre chez les nations civilisées de l'Europe, où ces magnifiques produits faisaient l'objet de toutes les admirations. L'admiration, ici, est facile à comprendre : c'étaient des vêtements, c'étaient des tentures confectionnés avec la soie. L'aspect charmant de la soie pouvait-il manquer de ravir des yeux qui n'avaient jamais vu que des tissus de lin, que des étoffes de laine? Ces merveilles d'un luxe encore presque inconnu hors de l'Asie provenaient d'une contrée si lointaine de l'Orient, et avaient passé chez tant de nations diverses avant de parvenir aux rives de l'Asie Mineure, pour être portées dans la Grèce ou dans l'Italie, qu'on n'avait pu acquérir aucune notion certaine, ni sur la production de la soie, ni sur le pays d'où cette matière textile est originaire : le pays des *Serres*, comme on l'a appelé pendant longtemps. Les récits vagues et entachés de mille erreurs que nous ont laissés les auteurs de l'antiquité grecque et romaine témoignent de cet état d'ignorance.

Je ne veux pas, messieurs, fatiguer votre attention par de trops longs détails historiques, mais peut-être me sera-t-il permis de rappeler comment est née l'industrie de la soie; comment cette industrie a été introduite en Europe; comment elle s'est propagée dans notre pays, où elle a pris ce développement prodigieux que vous connaissez tous, où elle a atteint ce degré de perfection qui a porté si loin dans le monde la célébrité de la seconde ville de la France.

Le plus ancien monument littéraire de la Chine, le *Chou-king*, tel est son titre, apprend qu'à une époque, que l'on fixe à environ 2600 ans avant l'ère chrétienne, une impératrice du nom de *Si-ling-ki*, trouva la première le moyen de dévider les cocons du ver à soie. La souveraine, émerveillée de sa découverte, occupa bientôt toutes les dames de son entourage à filer et à tisser la soie. Dans le palais impérial même, on s'adonna alors avec ivresse à l'éducation de l'insecte qui fournissait la précieuse matière textile. L'exemple était donné ; il fut suivi par les autres impératrices de la Chine, et l'une d'elles, la femme de l'empereur *Ya-ho*, qui vivait 2340 à 2360 ans avant Jésus-Christ, se montra ardente entre toutes, à vulgariser un art qui était la source d'un luxe nouveau, et qui permettait d'accroître singulièrement la richesse du pays.

L'éducation du ver à soie, le dévidage des cocons, le tissage des étoffes, devinrent au Céleste Empire l'occupation des femmes de toutes les classes de la société. Seulement, les habits de soie devaient rester le partage des classes privilégiées.

Vint une époque où la production de la soie fut considérable en Chine. Dès ce moment, un commerce des plus fructueux s'établit sur les frontières, et de brillantes étoffes arrivèrent ainsi dans les villes opulentes de l'Orient. La matière première elle-même pouvait être exportée; seulement, ni l'insecte, ni les œufs, la graine, comme on dit habituellement par suite d'un abus de mot, ni le moindre renseignement sur l'art d'obtenir la soie, ne devaient être livrés à un étranger. L'interdiction était absolue; celui qui l'eût enfreinte, eût été puni par le dernier supplice.

Des nations asiatiques se trouvant en possession de la matière première, on façonna bientôt dans plusieurs cités des étoffes d'un nouveau genre, suivant des goûts particuliers, sous l'inspiration de divers sentiments artistiques. On sait que dans l'antiquité, les tentures et les tapis de Babylone ont eu la plus belle renommée. Dans ces tissus, l'or et la soie étaient souvent mélangés, comme étant aux yeux des Orientaux les deux plus belles matières qu'il y ait au monde, et ainsi tout à fait dignes d'être mariées l'une à l'autre.

La Chine ne fut pas toujours la seule contrée qui approvisionna de ses soieries les villes de l'Asie Mineure.

Digitized by Google

A une époque très-reculée, l'Inde leur en fournissait, au moyen des caravanes, des quantités considérables; mais, suivant toute probabilité, les tissus de l'Inde étaient confectionnés avec une soie différente de celle de la la Chine, c'est-à-dire avec la soie de quelques-uns de ces grands Bombyx, dont on a beaucoup occupé le public depuis une dizaine d'années.

Malgré tout, la soie conserva pendant des siècles un prix des plus élevés. Au temps d'Alexandre le Grand, sa valeur dans la Grèce était exactement son pesant d'or. Aussi les anciens, attribuant à la fille de Latoüs, à Pamphile, l'art de tisser la soie, nous apprennent que l'on employait souvent la matière première avec une extrême parcimonie. On en fabriquait une sorte de gaze si légère, si transparente, *ut denudet feminas vestis*, suivant la narration de Pline.

On rapporte que Jules César, à son retour d'Égypte, ayant fait placer dans le cirque une tenture de soie pour garantir les spectateurs des rayons du soleil, une si fastueuse prodigalité excita au plus haut degré les murmures du peuple.

Sous les empereurs, les belles patriciennes de Rome, jalouses de tous les objets de toilette qui donnent un charme de plus à la beauté, rêvaient de se vêtir de soie; une partie de mon auditoire comprendra ce sentiment. Mais les plus riches seules parvenaient à satisfaire leur ambition. A un désir manifesté par l'impératrice Severina, l'empereur Aurélien n'aurait-il pas répondu du ton courroucé que prend volontiers un mari auquel on demande une parure trop coûteuse : Quoi, madame, donnerais-je tant d'or pour un peu de soie!

L'empire établi à Constantinople, on rechercha avec passion les étoffes d'or et de soie.

Il ne s'agissait plus seulement du luxe des vêtements. Les chrétiens des premiers siècles voulaient que les habits sacerdotaux fussent magnifiques; que les autels, que les temples fussent décorés des plus splendides ornements. Longtemps encore, cependant, les riches tentures ne vinrent à Constantinople que par le commerce avec les Orientaux, et à l'époque des guerres de Bélisaire, ce commerce avait cessé d'une manière à peu près complète.

Une circonstance presque fortuite allait amener en Europe l'introduction de la sériciculture.

Deux moines de l'ordre de Saint-Basile, dans leur ardeur pour la propagation de la foi, s'étaient avancés jusqu'en Chine et avaient eu de la sorte l'occasion d'observer comment on se procurait la matière textile si recherchée. A leur retour à Constantinople, l'émotion s'était faite au récit des connaissances qu'ils avaient acquises. Si bien que l'empereur Justinien fit appeler les deux voyageurs en sa présence, et par des supplications, par de brillantes promesses, les décida à retourner au pays des Serres, pour se procurer, par tous les moyens possibles, des œufs de l'insecte producteur de la soie. Le danger était grand, car si les ravisseurs étaient découverts, leur sort ne pouvait être douteux. Malgré le péril, les deux pauvres moines s'acheminèrent résolûment vers le pays lointain, et, heureusement parvenus au terme de leur voyage, ils réussirent à s'emparer d'une certaine quantité de graines de vers à soie. Tout n'était pas fini; il était indispensable de cacher à tous les yeux, de pouvoir soustraire à toutes les recherches possibles l'objet tombé en leur possession. Mais les bons pères étaient gens de ressources : deux gros bâtons furent creusés de manière à offrir une cavité assez spacieuse pour y loger la précieuse graine.

C'est ainsi, messieurs, que vers le milieu du VIe siècle, l'insecte destiné à devenir un jour, en Europe, la source de tant de luxe et de tant de richesses, a franchi humblement la frontière de la Chine, emprisonné dans le bâton d'un pèlerin.

A Constantinople, on vit éclore les jeunes chenilles; les premières éducations du ver à soie réussirent à merveille. Des plantations de mûriers, l'arbre qui nourrit l'insecte, se multiplièrent, et l'on sait que, suivant une assertion, du reste fort contestée, c'est à la présence du mûrier (en latin *morus*, *moro* dans certains dialectes), répandu en abondance, que la partie méridionale de la Grèce a dû de perdre son beau nom antique de Péloponèse, pour s'appeler la Morée.

C'est de l'empire d'Orient, c'est-à-dire de Constantinople et de la Grèce, qu'ont été tirés pendant des siècles tous les vers à soie répandus successivement en Europe. Cette diffusion s'est faite avec une extrême lenteur. Cela se conçoit. Le peuple grec tenait naturellement à conserver tous les avantages d'un pareil monopole, et l'empereur Justinien avait fait établir à Constantinople même des manufactures de soieries où l'on avait appelé les ouvriers les plus habiles de l'Asie.

Cependant, lorsque les Arabes pénétrèrent en Espagne, au commencement du VIIIe siècle, ils apportèrent le ver à soie en Andalousie. Mais leur industrie semble être demeurée resserrée dans des limites assez étroites.

Ce ne fut réellement qu'à partir du XIIe siècle que la sériciculture commença à se répandre en Europe.

Le roi de Sicile, Roger II, ayant porté la guerre en Grèce avec succès, transporta dans ses États un grand nombre de prisonniers. Parmi ces prisonniers se trouvaient des hommes adonnés à l'éducation du ver à soie, se trouvaient aussi des tisserands. Leurs connaissances, leurs talents furent mis à profit, et la sériciculture s'implanta dans la Sicile.

Cinquante ans plus tard, lorsque le vieux Dandolo alla planter la bannière de Venise sur les murs de Constantinople, comme Roger de Sicile, il rendit son expédition heureuse pour sa patrie en y rapportant l'industrie de la soie.

Je ne puis signaler toutes les circonstances qui ont amené la propagation de cette industrie en Italie, car il importe de voir aussi ce qui se passa en France.

La date de l'introduction du mûrier et du ver à soie en

Digitized by Google

France est restée fort incertaine. On a dit qu'après la cession du comtat Venaissin au pape Grégoire X par Philippe le Hardi, c'est-à-dire en 1274, la sériciculture avait été introduite en France, et que les premières fabriques de soieries avaient été établies à Nîmes et à Avignon. Mais suivant d'autres assertions, la France n'aurait été en possession de l'industrie de la soie que beaucoup plus tard.

C'est en 1440, assurent plusieurs auteurs, que des gentilshommes français qui avaient séjourné à Naples transportèrent dans le Dauphiné nos premiers mûriers.

Ici encore le fait est douteux. Ce qui est certain, c'est que Louis XI s'efforça de développer l'industrie de la soie en France en y appelant des ouvriers italiens, et que l'on commença alors à fabriquer des soieries dans la Touraine et à Lyon.

Mais sous Louis XI et ses successeurs Louis XII et François Ier, les manufactures de soieries semblent n'avoir été approvisionnées que par des soies tirées d'Italie.

Des plantations de mûriers furent positivement effectuées à Nîmes, en 1564, sous Charles IX; mais ce ne fut qu'à la fin du XVIe siècle, et surtout dans les premières années du XVIIe, que la sériciculture prit une grande importance en France. Tout le monde sait qu'on est redevable de ce grand bienfait au célèbre agriculteur Olivier de Serres et à Henri IV.

Olivier de Serres, le premier parmi nos compatriotes, publia des instructions relatives à la culture du mûrier et à l'éducation du ver à soie. Ses écrits, remarqués du roi, le firent appeler à Paris.

Henri IV, malgré les répugnances, malgré l'opposition bien connue de Sully, stimula le zèle d'Olivier de Serres, qui n'hésita pas à conseiller de faire venir d'Italie quatorze ou quinze mille plants de mûriers et une grande quantité de graines pour en faire une gigantesque distribution par toute la France. Dès ce moment, la sériciculture se propagea avec rapidité dans la Provence, dans le Languedoc, dans les Cévennes, dans la Touraine et dans plusieurs autres encore de nos provinces.

On planta des mûriers à Fontainebleau, et un établissement spécial fut créé même au parc royal des Tournelles.

Dans son ardeur pour le développement de l'industrie nationale, Henri IV alla jusqu'à prohiber l'entrée des soies étrangères par un édit daté de 1606; mais les circonstances l'obligèrent à le rapporter l'année suivante.

L'essor donné, la sériciculture s'affaiblit beaucoup après la mort de Henri IV.

Cette industrie, qui plus tard reçut de Colbert une impulsion des plus énergiques, était devenue fort prospère sous le règne de Louis XIV, lorsque la révocation de l'édit de Nantes vint lui porter un coup terrible.

Les familles protestantes des Cévennes qui s'adonnaient, sur une grande échelle, à l'éducation du ver à soie, en fuyant la patrie, allèrent créer à l'étranger des concurrences à notre production nationale et à nos manufactures.

Dans le siècle actuel, l'industrie de la soie n'a presque jamais cessé d'être en progrès. Malheureusement, les maladies qui depuis plusieurs années ont sévi dans les magnaneries ont causé un grand trouble parmi nos manufacturiers; ils ont été obligés d'aller porter sur les marchés étrangers beaucoup plus d'argent que dans les circonstances ordinaires, pour se procurer la matière nécessaire à l'activité de leurs fabriques.

Je me bornerai, messieurs, à cet aperçu historique, pour nous occuper maintenant de l'insecte même dont le produit est si estimé.

Remarquons seulement ici un étonnant contraste : le ver à soie, le Bombyx du mûrier, dont le produit est sans pareil, n'a rien de séduisant, ni par les formes, ni par les couleurs, et il appartient à cet ordre des Lépidoptères où chacun admire toutes les élégances de la forme, toutes les magnificences du coloris. Il y a des chenilles de Bombyx qui ont sur les anneaux de leur corps des perles rouges comme du corail ou des rubis; d'autres, qui portent des globules verts comme des émeraudes ou bleus comme des saphirs: celles-ci fournissent une soie qui n'a, ni la finesse, ni tout l'éclat de la soie que vous connaissez si bien. Notre humble ver à soie, le Bombyx du mûrier, qui donne au monde tant de belles parures, n'en a aucune lui-même. La nature montre ici que le plus beau trésor peut se trouver où l'apparence est la plus modeste.

Négligeant d'entreprendre une description générale de notre insecte, nous examinerons au moins quelques parties de son organisation.

Le ver à soie, la chenille, porte en avant trois paires de petites pattes articulées; par suite d'un développement qui s'effectuera, lorsque l'animal sera en état de chrysalide, ces pattes deviendront celles du papillon. Mais le corps de l'insecte est porté au milieu et en arrière par cinq paires de pattes bien différentes des premières. Celles-ci, qui sont molles et épaisses, ne laisseront aucune trace chez l'insecte adulte, c'est-à-dire chez le papillon. On les appelle du nom de *pattes membraneuses*, ou du nom plus joli et heureusement expressif de *pattes en couronne*. En effet, ce sont de simples prolongements de la peau garnis en dessous d'une couronne, ou au moins d'un cercle d'épines, d'une telle finesse qu'elles échappent à la vue simple. Vous avez compris, messieurs, l'utilité de cette armature mignonne. C'est par son secours que la chenille se maintient avec tant de force sur les feuilles ou les tiges qui viennent à être agitées.

Considérons à présent la bouche du ver à soie. Nous voyons que cette bouche est pourvue de six petites pièces articulées, comme cela se voit chez la plupart des insectes.

En dessus, c'est une lame simple, la lèvre supérieure présentant une échancrure dans son milieu. Remarquez l'importance des moindres détails : l'animal fait entrer dans l'échancrure de cette pièce le bord de la

Digitized by Google

feuille qu'il ronge et le maintient ainsi sans effort. Au-dessous de la lèvre sont insérées deux grosses mâchoires, les mandibules, qui taillent la feuille comme le ferait une paire de ciseaux. Au-dessous, des mâchoires plus faibles achèvent la division des fragments, et une petite tige articulée à chaque mâchoire, un palpe, refoule vers la bouche et empêche de tomber les moindres parcelles de feuille. Enfin, dans l'espace compris entre les deux mâchoires, il y a une lèvre inférieure qui complète en dessous la clôture de la bouche. A l'extrémité de cette pièce, on remarque un petit prolongement, une sorte de papille percée d'un trou; ce trou est l'orifice qui donne issue au fil soyeux.

Ce serait peu d'avoir jeté un coup d'œil sur ces parties extérieures; il importe bien davantage de constater plusieurs traits de l'organisation intérieure de notre insecte.

Pour que les organes intérieurs ne viennent pas à s'affaisser, nous avons mis un ver à soie dans l'eau. L'animal a été ouvert sur toute la longueur de la ligne dorsale. Nous apercevons aussitôt le canal alimentaire rempli d'aliments, et si volumineux, qu'il occupe la très-grande partie de la cavité du corps. Ceci explique comment le ver à soie, dont la digestion s'effectue avec rapidité, peut consommer une énorme quantité de nourriture. Sur ce tube digestif rampent des vaisseaux sinueux qui remplissent dans l'économie de l'insecte le rôle du foie et des reins des animaux supérieurs. De chaque côté, apparaissent des tubes ramifiées à l'infini sur tous les organes; ces tubes sont remplis d'air: ce sont les trachées, les organes respiratoires, qui ressemblent, vus dans l'eau, à de véritables rameaux d'argent. Sur les parties latérales, vous remarquez deux gros tubes contournés sur eux-mêmes, tant leur longueur est grande. Ce sont les glandes qui sécrètent la soie, mais elles disparaissent en avant sous le canal alimentaire, et nous avons besoin d'une figure particulière pour nous en former une idée complète.

Vous reconnaissez ici ces mêmes tubes un peu déroulés. A leur extrémité, ils sont assez grêles, mais ils se renflent en avant pour former un vaste réservoir. Chaque glande se continue en un tuyau très-grêle; c'est la filière. Les deux filières se réunissent vers le haut, il n'y a plus alors qu'un seul canal, où arrivent deux fils d'une extrême finesse, et où aboutissent les conduits de deux petites glandes qui ont un rôle très-important dans la production de la soie. Ce canal s'ouvre au dehors par cet orifice percé dans la lèvre inférieure, qui vous a été signalé.

Ces glandes productrices de la soie, les glandes séricipares, ne sont pas, comme on pourrait le penser au premier abord, des organes particuliers, sans analogues chez les autres insectes qui ne filent en aucune façon. Ce sont les glandes salivaires, dont le produit, chez la plupart des insectes, remplit à peu près le même rôle que la salive chez les animaux supérieurs.

Il y a donc à cet égard, chez le ver à soie, une modification fonctionnelle vraiment intéressante pour le physiologiste.

Le contenu des glandes est une matière visqueuse, presque transparente, peu colorée.

Ces glandes se trouvent être gorgées de cette substance visqueuse, lorsque le ver à soie a acquis à peu près toute sa croissance, c'est-à-dire quand il est sur le point de filer son cocon.

La matière, engagée dans ces réservoirs, dans ces glandes, va s'écouler lentement par les deux filières que vous avez remarquées et s'étirer en fils d'une extrême ténuité. En passant par ces étroits conduits, elle commence à prendre plus de consistance et se solidifie bientôt après être arrivée au contact de l'air.

Ces faits ont été observés depuis fort longtemps. Aussi certaines personnes ont-elles imaginé que si l'on prenait la matière visqueuse contenue dans les glandes elles-mêmes, on parviendrait à en former de la soie de tous les calibres. L'espoir a été déçu; on a pu voir la matière se coaguler au contact de l'air. On a pu l'étirer en fils plus ou moins déliés, mais on n'a rien obtenu qui ressemblât à de la soie, et bien mieux, on n'a pas eu même une substance ayant les propriétés de la soie. Cette matière, qui, desséchée, ressemble plus ou moins à de la corde à boyau, se laisse attaquer assez rapidement par l'eau. Dans les éducations de vers à soie, au moins dans certains pays, on met de côté les vers malades, lorsque, arrivés à leur dernier âge, ils sont reconnus incapables de filer leurs cocons. On les ouvre pour en tirer les glandes séricipares, et avec leur contenu on fabrique des fils plus ou moins déliés, dont les pêcheurs font usage pour leurs lignes.

La substance visqueuse contenue dans les glandes ne constitue donc pas à elle seule toute la soie. Lorsqu'elle a traversé les deux conduits grêles, les deux filières dont il a été question, elle arrive dans un conduit commun que je vous ai signalé. Ici les deux fils qui sont parvenus simultanément dans ce conduit commun sont imprégnés par une sorte de vernis, versé par les deux petites glandes que j'ai signalées. Le vernis réunit ainsi les deux fils en un seul, donne à ce fil le brillant de la soie et la propriété de résister à l'action de l'eau.

C'est pendant le dernier âge, lorsque le terme de la croissance approche pour le ver à soie, que la matière soyeuse devient abondante dans les glandes. Dans les premiers temps de la vie, l'animal consomme encore peu de nourriture, ses organes contiennent peu de substance; mais pendant les quatre ou cinq jours qui précèdent la montée, le ver à soie dévorant jour et nuit, la matière soyeuse s'accumule dans les glandes. Les éducateurs peuvent déterminer très-approximativement, par l'appétit qu'un ver à soie a montré pendant son dernier âge, si son cocon sera plus ou moins volumineux.

Il n'est donc pas douteux que la substance qui sera convertie en fils soyeux ne soit formée aux dépens de la feuille de mûrier dont l'insecte se nourrit.

Digitized by Google

Aussi s'est-il trouvé des industriels qui ont espéré tirer de la soie directement des feuilles du mûrier. Plusieurs d'entre eux se sont mis à l'œuvre, mais l'on ne peut pas dire que leur tentative ait été couronnée de succès. Avec les feuilles de mûrier, ils ont obtenu au lieu de soie une mauvaise filasse.

Les organes de l'insecte dans lesquels s'accumule la matière destinée à devenir la soie, sont de petits laboratoires où se passent des actions dont il n'a pas été possible encore de reconnaître la nature.

La substance, ou au moins la partie principale de la substance qui s'amasse dans les glandes, est tirée indubitablement des feuilles dont l'insecte se nourrit. Cette substance passe dans le sang, et les glandes s'en emparent en lui faisant subir peut-être une certaine modification.

Une preuve que le transport de la substance destinée à former la soie s'effectue comme je viens de l'exposer, c'est le résultat de l'emploi du procédé qui permet d'obtenir des cocons colorés. Si l'on saupoudre des feuilles de mûrier avec de l'indigo, la substance soyeuse se colore; on obtient des cocons bleus. Les feuilles de mûrier données en pâture aux vers à soie sont-elles saupoudrées avec de la garance, on a des cocons roses.

Les investigations des naturalistes ont déjà été poussées assez loin pour qu'on puisse espérer beaucoup d'un nouveau pas dans la voie des découvertes. Il s'agirait d'arriver à déterminer par suite de quelle propriété les parois celluleuses des glandes s'emparent de la substance qui plus tard sera convertie en fils soyeux.

Dans l'état actuel de la science, beaucoup de personnes auront peine à croire que l'on réussisse. Permettez-moi pourtant de vous dire que ma confiance dans les efforts des investigateurs est grande.

Il me semble que le temps approche chaque jour davantage où les naturalistes parviendront à se rendre compte de beaucoup d'actions chimiques et mécaniques qui se passent dans le corps des animaux. Ce succès obtenu à l'égard des glandes séricipares du ver à soie, ce ne serait pas seulement un beau triomphe pour la science, pour l'esprit humain; ce serait une admirable fortune pour les intérêts matériels.

Si l'on parvenait, instruit par le travail de la nature même, à faire de la soie artificielle, les avantages pour l'industrie en seraient incalculables. Dans tous les cas, il ne serait plus nécessaire d'aller porter l'argent de la France aux Chinois et aux Japonais pour avoir de leur bonne graine.

Tout en rêvant à un tel avenir, il nous faut bien compter uniquement encore sur le Bombyx du mûrier.

Si le ver à soie file, s'il se forme un cocon épais et moelleux, c'est pour sa protection lorsqu'il est à l'état de chrysalide, lorsqu'il est condamné à l'immobilité durant une période de développement qui doit amener l'insecte à la forme de papillon. Tout le monde a remarqué comment l'animal s'y prend pour accomplir son travail. Après avoir fait choix d'un endroit propice, comme l'intervalle de deux branches, il jette de divers côtés des fils destinés à fixer le cocon: c'est de la bourre de soie. L'espace convenable étant circonscrit au moyen de cette bourre, le ver commence à dérouler son fil, et le déroule ainsi sans discontinuité, en lui faisant décrire sans interruption des tours successifs dont la forme du cocon indique le mouvement. Rien de plus facile d'ailleurs que de suivre l'insecte dans son travail. Tant que la paroi du cocon n'est pas devenue bien épaisse, on le voit au travers, appliquant et fixant son fil, encore à un certain degré de mollesse, de façon à lui faire contracter une adhérence intime avec les parties déjà établies.

Cette adhérence est surtout très-forte à la partie extérieure du cocon, elle l'est moins à la partie interne. Au commencement le vernis formé par les deux toutes petites glandes était abondant, le fil en était plus imprégné, ce vernis est très-réduit lorsque le fil approche de la fin.

Ce vernis, cette matière d'apparence gommeuse résiste complétement à l'action de l'eau froide; elle est ramollie par l'eau bouillante. Aussi est-ce à l'aide de l'eau bouillante que l'on peut opérer le dévidage des cocons; mais je ne puis entrer ici dans le détail de la préparation industrielle de la soie.

On sait que l'industrie de la soie fait vivre des populations entières et détermine un mouvement de centaines de millions.

On calcule que la France a besoin annuellement de 30 000 kilogrammes d'œufs ou de graine, et chaque kilogramme vaut aujourd'hui de 300 à 500 francs le kilogramme, et même davantage.

Le chiffre de la production de la soie comme matière première a varié beaucoup en France; on a estimé que pendant les bonnes années la valeur seule des cocons avait pu atteindre 140 millions.

Livrés à l'industrie, les cocons deviennent la soie grége, puis la soie moulinée, puis ces belles étoffes, taffetas, satin, velours, et tant d'autres dont je sais à peine les noms. La valeur des soieries manufacturées représente annuellement, je crois, une valeur de plus de huit cents millions, et je trouve dans le tableau officiel que la France en a exporté en 1863 pour une valeur de 384 millions. Voilà ce que nous devons à une chenille.

Cette immense exportation montre bien que la soie est appréciée partout. En effet, dans ce genre de tissu, tout plaît, tout semble avoir un certain charme : la consistance de l'étoffe, la manière dont elle reçoit l'impression des couleurs, et même le bruissement particulier de l'étoffe quand on l'agite, le *frou-frou* de la robe de soie.

Messieurs, depuis une période de dix à douze années on s'est beaucoup occupé de la production de la soie au moyen de quelques espèces très-différentes du Bombyx du mûrier. L'attention s'est portée de ce côté avec d'autant plus d'énergie, que depuis quelque temps les magnaneries ont beaucoup souffert. Tout le monde a en-

Digitized by Google

tendu parler de cette sorte d'épidémie qui a sévi sur les vers à soie et qui a porté tant de préjudice à notre production.

D'un autre côté, le ver à soie ne se nourrissant que du mûrier (arbre étranger à notre pays et pour lequel il est nécessaire de consacrer des cultures spéciales), on avait espéré obtenir de grands avantages de l'introduction de quelques-unes des espèces qui se nourrissent indifféremment des arbres indigènes à notre pays, tels que le chêne, le peuplier, l'aubépine, etc.

La première idée de l'introduction de ces grands Bombyx date déjà d'un peu loin. Un voyageur, M. Lamare-Picquot, rapporta en 1830 ou 1831 des cocons contenant des chrysalides vivantes du *Bombyx Mylitta*. On vit éclore à Paris les papillons ; on en eut des œufs, puis de jeunes chenilles ; mais il fut impossible d'élever ces chenilles et d'obtenir leurs cocons.

On ne devait pas se laisser décourager par cette seule expérience.

Dix ans plus tard, des naturalistes s'étant procuré plusieurs espèces de grands Bombyx des États-Unis d'Amérique, qui vivent sur les chênes, les peupliers, les saules, les pruniers, on avait conçu quelques espérances de ce côté. On a réussi, en effet, non-seulement à avoir des papillons, mais des œufs et des chenilles, qui ont filé leurs cocons. On a obtenu deux générations successives ; mais à la troisième, la plupart ont péri, sans doute parce qu'on n'avait pas su se placer dans les meilleures conditions.

Il n'y a pas plus d'une dizaine d'années que commença à se répandre en Europe une espèce de Bombyx, dont les cocons sont extrêmement employés dans une grande partie de l'Inde, ainsi qu'une autre espèce aussi commune qui se trouve dans la partie méridionale de la Chine. Vous avez entendu parler de ces deux espèces, le Bombyx du Ricin et le Bombyx de l'Ailante ou Vernis du Japon.

On disait qu'on aurait plus de chance d'élever ces espèces que les autres, par la raison fort bonne, que ces espèces étaient domestiquées de temps immémorial en Chine et dans l'Inde.

En effet, on réussit à élever ces deux espèces chez nous avec une assez grande facilité. Leurs générations se succèdent avec tant de rapidité qu'on est obligé de faire des éducations même pendant l'hiver. J'avais espéré mettre sous vos yeux quelques-uns de ces grands Bombyx; mais malheureusement tous les vers de l'Ailante et du Ricin qui sont au Jardin des plantes se trouvent en ce moment à l'état de chrysalide.

La domestication de ces deux espèces est aujourd'hui assez complète, pour qu'on puisse dire que l'on tirerait assez facilement partie des cocons, s'il ne se présentait une difficulté assez grave; ces cocons sont d'une faiblesse extrême, ils rendent très-peu de soie, et la qualité de cette soie est de très-peu de valeur, si on la compare à celle de la soie ordinaire.

Je confesse que je suis effrayé lorsque j'entends des personnes familiarisées avec l'industrie de la soie affirmer qu'il faudrait produire cette matière textile à un prix quatre ou cinq fois inférieur à celui de la soie ordinaire, pour qu'il fût possible de l'employer avec avantage.

Je pense que beaucoup de personnes ont déjà eu l'occasion de voir ces insectes, au moins ces papillons. Nous allons cependant les mettre sous vos yeux. (Les Bombyx sont projetés sur le tableau.)

Il y a quelques autres espèces d'Amérique, dont la soie est d'une qualité bien supérieure à celle du Bombyx du Ricin et du Bombyx de l'Ailante.

On a réussi à Paris à en faire l'éducation; mais le nombre des individus dont on se trouvait en possession n'était pas considérable, et l'on n'a pu avoir une longue suite de générations. La plupart des individus ont péri. Nous vous citerons comme exemple les *Bombyx luna*, *Polyphemus*, *Cecropia*.

Enfin, dans ces derniers temps, vous avez entendu parler d'une autre espèce de Bombyx qui est très-commune au Sénégal; elle a été citée aussi comme capable de fournir une soie qui serait d'un bon emploi dans l'industrie. C'est l'espèce rapportée en France par M. le général Faidherbe (le *Bombyx Bauhiniæ*).

Pour avoir quelques résultats industriels un peu sérieux, en se livrant à l'éducation de ces Bombyx, il faudrait mettre cette industrie en pratique dans les départements où l'on ne se livre pas habituellement à la culture du mûrier, par exemple dans le nord et dans le centre de la France. Certes, la soie des plus belles espèces ne serait encore qu'un objet d'une valeur médiocre; cependant, si la propagation de ces divers Bombyx se faisait sur une assez grande échelle, il est probable que nos populations des départements du Nord et du Centre pourraient encore trouver dans leur éducation un grand avantage, par la raison que si l'on peut élever ces insectes avec le feuillage de nos arbres les plus communs, c'est-à-dire sans le besoin d'aucune culture spéciale; il serait peut-être possible alors d'avoir ces soies à bas prix. Dans les familles pauvres, les femmes, les enfants, en échange d'un pareil travail qui n'exige point de force, qui ne présente aucune difficulté, récolteraient encore une matière première d'une certaine valeur.

Mais, messieurs, des chenilles de Bombyx, des larves de Lépidoptères, ne sont pas les seuls animaux qui fournissent de la soie; il y en a d'autres dont je me propose de vous entretenir. Ces animaux producteurs de soie ce sont les Araignées : les Araignées, disons-nous !

A ce nom une impression peu favorable se fait sentir chez plusieurs personnes qui me font l'honneur de m'écouter, je m'en aperçois, et pourtant, je n'hésite pas à le déclarer; il y a peu d'êtres au sein de la création qui puissent exciter à un plus haut degré que les Araignées, l'intérêt du naturaliste et du philosophe, l'admiration de tous ceux qui aiment à connaître la grandeur

Digitized by Google

et les ressources de la nature dans ses diverses manifestations; je n'ose pas dire encore l'attention de l'économiste et de l'industriel, mais cela viendra sans doute.

Un préjugé étrange porte une infinité de personnes à considérer une Araignée comme un animal dangereux, comme un objet digne de répulsion et de nature à inspirer le dégoût.

Ce sentiment est difficile à comprendre. Vous riez, messieurs! Alors je vais vous dire que ce sentiment est pour moi tout à fait impossible à comprendre. Il ne me paraît guère pouvoir être expliqué que par les impressions transmises aux enfants par leurs parents, qui ainsi se perpétuent de génération en génération.

Examinons plutôt :

Les Araignées sont parfaitement inoffensives pour l'homme. C'est à peine si l'on peut soupçonner qu'il y a lieu de faire une exception pour quelques-unes de ces grandes espèces qui n'habitent que les régions intertropicales.

Ces animaux sont toujours d'une propreté irréprochable; j'ai dit irréprochable, je maintiens mon assertion.

A l'aide de leurs pattes, les Araignées se débarrassent sans cesse des moindres poussières qui viennent salir leur corps. Si bien que lorsqu'on examine au microscope leurs poils, souvent frangés comme de petites plumes, on les trouve d'une netteté sans pareille.

Si les Araignées qui fréquentent nos maisons ont des couleurs sombres, peu agréables à la vue, il ne faut pas oublier que beaucoup d'espèces sont parées de couleurs variées et souvent assez vives.

Tout le monde connaît cette grosse Araignée, si commune dans nos jardins pendant l'automne, et dont la toile est si bien ourdie. Celle-ci est ornée de dessins dont l'aspect n'a rien de désagréable. On l'appelle l'Épeire diadème, parce que les ornements de son corps figurent une sorte de couronne ou de diadème.

Mais s'il m'était possible de mettre sous vos yeux beaucoup des Araignées propres aux contrées les plus chaudes du globe, vous seriez surpris d'y voir les couleurs brillantes comme l'or et l'argent, les nuances les plus riches et les plus heureusement mélangées.

S'il y a quelque chose qui puisse répugner chez les Araignées, ce sont les toiles de l'espèce qui s'établit dans les maisons, où l'on veut bien lui permettre de s'établir, et quelquefois de vivre tranquillement.

Les Araignées se nourrissent exclusivement de proie vivante; jamais elles ne touchent à des corps morts. De ce côté, elles ne peuvent donc faire naître aucune sorte de dégoût. Elles appellent même la sollicitude des agriculteurs, puisqu'elles les débarrassent chaque année de myriades d'insectes préjudiciables à leurs cultures.

Si l'ensemble de l'organisation de ces animaux si dédaignés pouvait être facilement mis en évidence, chacun serait ravi de trouver dans ces petits êtres des organes si complexes et d'une si étonnante perfection. Mais je n'oublie pas que je dois m'occuper particulièrement de la production de la soie et de ses divers usages dans la nature.

Les instruments qui servent à la production de la soie chez les Araignées diffèrent beaucoup de ceux des Bombyx. A la vérité, ce sont encore des glandes qui contiennent une matière semi-fluide susceptible d'être étirée en fils d'une incroyable ténuité; mais ces glandes ne sont nullement en rapport avec la bouche, comme chez le ver à soie. Placées à la partie ventrale du corps de l'animal, elles s'ouvrent en arrière par plusieurs filières.

Toutes les Araignées ne sont pas au même degré de bonnes fileuses. Les moins favorisées ont un appareil glandulaire pour la production de la soie, peu développé; mais chez les mieux partagées, cet appareil est vraiment magnifique.

Il est composé de plusieurs groupes de glandes, les unes tubuleuses avec d'énormes renflements, les autres rameuses, les autres simples. Pourquoi ces différences entre des organes destinés à fournir également de la soie? Nous le verrons bientôt.

Examinons auparavant de quelle manière le contenu des glandes est émis au dehors et se trouve converti en fils soyeux. Les filières sont vraiment des plus curieuses. Les glandes terminées par une portion grêle aboutissent à de petits mamelons situés à l'extrémité postérieure du corps. Il y a toujours quatre mamelons et quelquefois deux autres très-petits situés entre les plus grands. Ce sont là les filières, seulement ces filières sont bien autrement merveilleuses que celle du ver à soie. Ce n'est pas un simple orifice qu'elles présentent, mais une multitude de petits trous réguliers, c'est une sorte de tamis. Vous l'avez compris, le fil de l'Araignée, souvent cité à raison de sa finesse comme terme de comparaison, est déjà formé d'un grand nombre de fils primitifs. Au moment de leur émission, l'animal laisse-t-il échapper au hasard ces fils presque impalpables, ils voltigent comme une vapeur, et, venant à se ramasser confusément, ils deviennent ces légers flocons que l'on appelle du nom poétique de *fils de la Vierge*, et que le vent emporte à l'aventure.

Les Araignées, qui se montrent toujours si habiles à employer la soie qu'elles tirent de leurs corps, avaient besoin d'instruments délicats pour diriger et attacher leurs fils à leur volonté. Le poids de leur corps peut leur servir à dérouler de haut en bas un fil d'une grande longueur, mais ce moyen leur manque si elles travaillent sur un plan horizontal. C'est alors à l'aide des crochets qui terminent leurs longues pattes qu'elles tirent leur fil, qu'elles l'étendent, qu'elles le fixent.

Ces crochets sont d'admirables instruments, d'une si petite dimension qu'ils auront échappé à votre examen; ils sont d'ailleurs très-variés, suivant les espèces, chaque espèce ayant une manière propre d'employer la soie. Prenons un exemple :

Voici l'extrémité d'une patte d'une Araignée qui construit de grandes toiles. Il y a deux crochets principaux,

Digitized by Google

l'un est simple, l'autre est fourchu. Quand l'animal veut maintenir un fil pour aller l'attacher dans un endroit déterminé, il l'entraîne avec la fourche, et à l'aide d'un crochet simple il le dégage ensuite.

Au-dessous de ces pièces principales, il y a encore un ou deux crochets dentelés, qui permettent à l'Araignée de tirer la soie de ses filières.

Le Ver à soie, tous les Bombyx, tous les Lépidoptères qui ont la propriété de filer, n'emploient la soie que pour un seul usage, c'est-à-dire pour se constituer un abri, une protection pendant les temps d'immobilité, le temps qu'ils passent sous la forme de chrysalide.

Au contraire, pour les Araignées, la soie a les usages les plus variés. Cette délicate matière textile peut être employée à tapisser des demeures construites en maçonnerie; à former pour l'animal des retraites peu accessibles, à constituer des filets propres à saisir des proies vivantes, à servir de câble ou d'échelle pour descendre, sans danger, d'une grande hauteur, à envelopper les œufs et les défendre ainsi de la manière la plus efficace contre les atteintes des animaux carnassiers.

Il y a, dans le midi de l'Europe, et même dans le midi de la France, des Araignées d'assez forte taille qui n'ont pas beaucoup de soie à dépenser. Vous allez voir si elles savent se servir de leur modeste fortune. Elles ne sont pas assez riches pour se construire une habitation avec leurs seules ressources; aussi ces Araignées, ces Mygales, ainsi qu'on les appelle, creusent dans le sol un tuyau d'un diamètre proportionné à celui de leur corps et, comme les parois resteraient rudes, elles garnissent ces parois d'une tenture de soie brillante et si douce au toucher que l'habitant n'a pas à redouter les frottements.

Ce n'est pas tout : si cette retraite restait ouverte au niveau du sol, la Mygale pourrait être bientôt saisie par quelque animal carnassier; mais cette Mygale sait confectionner une porte solide avec la terre qu'elle a rejetée au dehors en creusant son trou; cette porte est taillée un peu en cône, de façon à ne pouvoir être enfoncée par une pression venant du dehors. A l'extérieur, elle est inégale comme le sol qui l'entoure, mais en dedans elle est soigneusement tapissée. A une porte, il faut nécessairement une charnière et une serrure, ou un verrou peut devenir bien souvent nécessaire : la Mygale a l'instinct de pourvoir à toutes ces nécessités. La charnière est formée avec de la soie si serrée qu'elle peut offrir une incroyable résistance. Ce qui tient lieu de verrou c'est un cercle de petits trous réguliers placés du côté opposé à la charnière. L'Araignée s'aperçoit-elle qu'on tente de soulever sa porte, vite, elle enfonce ses griffes dans les petits trous en s'arcboutant dans son trou et défend ainsi toute violation de son domicile. N'est-ce pas admirable? Lorsque la Mygale veut sortir de sa retraite pour aller à la chasse, elle soulève sa porte et la laisse retomber; quand elle revient, elle la tire avec ses griffes et rentre dans sa demeure; c'est quelque chose de tout à fait semblable à ce que l'on voit encore dans plusieurs villes du nord de la France, de la part des habitants de ces caves dont la porte se soulève sur le trottoir.

Une foule d'Araignées emploient la soie pour se confectionner des tubes, des loges dans lesquelles elles se blotissent pour épier leur proie et aussi pour échapper aux atteintes de leurs ennemis.

Mais un emploi merveilleux de la soie parmi les Araignées, c'est celui d'une espèce qui habite dans l'eau. Cette Araignée, peu différente de celles que nous rencontrons journellement, leur ressemble par sa configuration générale et par son organisation intérieure. Elle établit son domicile dans les petites rivières, et cependant elle a besoin de vivre constamment dans l'air. Eh bien! c'est à l'aide de la soie qu'elle sécrète qu'elle va se confectionner sa demeure, qui est une véritable cloche à plongeur. Cette cloche à plongeur, grande comme un dé à coudre, est attachée entre les herbages, près la rive du cours d'eau où s'est installée l'Araignée. Cette soie est d'une entière blancheur, et la cloche, vue à travers l'eau, semble être toute d'argent. De là, le nom d'Argyronète que l'on donne à l'habitant, ce qui veut dire : *qui file d'argent.*

Tout le monde remarque et peu de personnes ne peuvent se défendre d'admirer cette magnifique toile de l'espèce ordinaire de nos jardins, de cette Épeire diadème que j'ai citée en commençant. L'art avec lequel est formée cette trame est véritablement merveilleux; les anciens, qui l'avaient examinée, en avaient compris toute la beauté, puisqu'elle avait donné lieu à la jolie fable d'Arachné. Le travail était si parfait, que l'auteur leur avait semblé capable de défier même une déesse.

L'Araignée qui va commencer à construire sa toile, tend un fil transversal entre deux branches; elle dispose inférieurement d'autres fils, comme si l'on traçait un cadre. Du fil horizontal, elle fait descendre un fil vertical, puis le centre étant ainsi déterminé, elle tend des rayons. Les rayons tendus, elle dévide alors un autre fil et forme ces cercles concentriques, si réguliers, si admirablement disposés.

Ces fils ne sont pas tous de la même sorte. Les fils qui constituent la grande corde transversale, la corde verticale et les rayons, sont d'une soie qui est sèche dès qu'elle sort de la filière de l'Araignée. Au contraire, ceux qui constituent les cercles sont d'une soie qui reste assez longtemps agglutinante, propriété précieuse, car elle permet au fil de contracter une adhérence complète avec les rayons.

Enfin ces mêmes Araignées, produisent encore une soie destinée à former des cocons pour envelopper les œufs. Cette soie est quelquefois toute différente de celle dont la toile est composée, même d'une couleur tout autre. Tandis que les fils de la toile sont blancs, cette soie des cocons où reposent les œufs sera d'une magnifique couleur d'or.

Digitized by Google

Vous avez compris maintenant, messieurs, pourquoi chez l'Araignée vous avez vu trois sortes de glandes séricipares, trois sortes de filières. Il y a trois sortes de soie; chaque sorte de glande a sa fonction particulière, elle sécrète une soie spéciale.

Ces toiles de l'Araignée de nos jardins ne donnent qu'une idée incomplète de quelques-uns de ces filets, qui sont tendus par d'autres espèces, appartenant au même genre. Dans les contrées les plus chaudes du monde, à Madagascar, à l'île de la Réunion, à l'île Maurice, dans l'Inde, dans la plupart des îles de la Polynésie, il y a des Araignées qui construisent des toiles d'une dimension gigantesque. Elles jettent leur toile au-dessus des cours d'eau, les accrochant aux arbres des deux côtés de la rive. Tous les voyageurs assurent que dans les localités où ces animaux sont en grand nombre, leurs toiles ainsi jetées sur les rivières font un charmant effet dans le paysage.

Mais j'ai encore autre chose à dire sur des toiles d'Épéires remarquables, non-seulement par leur dimension, mais encore par une particularité qui vient s'ajouter aux particularités que j'ai déjà énoncées devant vous.

Dès le siècle dernier, des voyageurs explorant Madagascar ou l'île Bourbon, avaient remarqué une espèce d'Araignée qui construit des trames assez semblables aux toiles de l'Araignée des jardins; mais dans ces toiles il y avait quelque chose de plus. On y voyait au centre un gros fil d'un blanc d'argent, plié en zigzag. Le fait avait été signalé, et personne n'avait pu se douter de l'usage de ce gros fil.

Il y a trois ou quatre ans, un jeune naturaliste, le docteur Vinson, attaché à la mission envoyée à Madagascar pour y nouer des relations avec le gouvernement de ce pays, fit à ce sujet une intéressante observation.

Plusieurs fois, il avait passé des heures entières à examiner l'Araignée dont la construction est si singulière, se demandant quel pouvait être l'usage de ce gros fil, véritable câble, si on le compare aux autres fils. Chaque jour il se rendait près de quelques-unes de ces araignées pour les étudier. Des mouches venaient se jeter dans le filet; vite l'Araignée se précipitait sur cette proie, jetant au hasard quelques-uns de ses fils légers et enveloppait les mouches.

Le câble ne bougeait pas. L'observateur détacha le câble à trois ou quatre reprises différentes; l'Araignée chaque fois en fit un nouveau. Enfin, un jour, au milieu de cette toile se précipita une grosse sauterelle. Les fils légers eussent été impuissants à retenir une pareille proie. Aussitôt l'Araignée s'élance sur son gros câble et se met à enrouler la sauterelle avec la plus grande rapidité. Pour qu'il ne restât aucune incertitude, notre observateur retourna les jours suivants au même lieu, décidé à renouveler l'expérience; il avait eu soin de se munir de très-gros insectes pour les jeter dans la toile de l'Araignée. La même manœuvre fut répétée. L'usage du fil était découvert.

Messieurs, je terminerai en jetant un coup d'œil sur l'emploi possible de la soie des Araignées.

On a songé, il y a fort longtemps, à utiliser cette matière textile. Mais, dans notre pays, il y a quelque difficulté à s'en procurer une grande quantité. Cette circonstance empêche de prévoir un emploi industriel un peu considérable.

Cependant, au XVII^e siècle, quelques personnes avaient ramassé une assez grande quantité de cette soie, et l'on avait réussi à en fabriquer des gants, des bas et quelques menus objets.

Louis XIV, voulant encourager une nouvelle industrie, avait ordonné qu'on lui confectionnât un habit tout entier de cette soie. L'habit fabriqué, le roi s'en dégoûta bientôt. Le tissu était trop peu solide.

Si la soie de nos Araignées indigènes ne doit pas nous faire concevoir de grandes espérances, il en est peut-être autrement de la soie de quelques-unes de ces grosses espèces dont je viens d'esquisser l'histoire. Elles donnent une soie beaucoup plus résistante que nos petites espèces. Et comme ces animaux sont répandus dans certaines localités en grande abondance, il est possible de se procurer une certaine masse de leur produit. Cela est d'autant plus facile, que si l'on prend une Araignée, qui a toujours un bout de fil appendu à ces filières, et que l'on tire ce bout de fil, en le roulant sur une navette, on en obtient une assez grande quantité, sans que l'animal paraisse en souffrir. En procédant de cette façon, il y a un avantage immense, car on a un produit qui n'est nullement sali par la poussière. En le tirant ainsi du corps de l'animal, on l'a parfaitement net, ce qui, autrement, serait assez difficile à obtenir.

Il me semble très-probable qu'on arrive à donner à ce produit au moins une petite importance dans l'industrie humaine. Peut-être réussira-t-on à fabriquer avec cette matière textile de bien jolis objets de toilette, d'un tissu, d'une finesse sans égale.

Si j'osais, je réclamerais pour cette question toute la sollicitude des dames, en les priant de se souvenir de l'impératrice de la Chine, qui a appris au monde l'usage que l'on pouvait faire du ver à soie.

E. Blanchard.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### PHYSIQUE.

#### CONFÉRENCE DE M. LISSAJOUX.

**Étude des sons musicaux.**

Messieurs,

Les excursions que nous faisons avec vous chaque semaine dans le domaine de la science doivent présenter avant tout le charme de la variété. Votre assiduité nous en fait un devoir.

Ce n'est donc pas sans appréhension que je vous

Digitized by Google

ramène aujourd'hui sur un terrain déjà connu de vous: le terrain de l'acoustique. Heureusement, grâce à une entente tout amicale avec l'habile professeur qui m'a précédé dans cet ordre d'idées, cet entretien ne fera pas double emploi avec celui de l'an dernier. M. Desains, usant à mon égard avec une rare délicatesse du privilége de l'antériorité, a tenu à honneur de me faire la part aussi large que possible, et je puis accomplir ma tâche sans faire au passé aucun emprunt ni aucun abandon.

Je dois également m'excuser vis-à-vis de quelques personnes dont l'attente sera sans doute trompée, et qui espéraient voir reproduire dans cet entretien quelques expériences relatives à l'étude optique des sons. J'ai hésité à traiter à un an de date le même sujet dans le même amphithéâtre, et j'ai pensé qu'il me serait possible de vous intéresser sans vous entretenir de mes travaux personnels.

J'entre maintenant en matière. Je me propose de vous entretenir des *sons musicaux*. J'étudierai d'abord comment ils se produisent; en second lieu, comment ils se transmettent et parviennent jusqu'à nous; enfin, comment nous les percevons et quelles impressions ils déterminent sur notre oreille.

Il n'y a pas de son sans mouvement; le silence est inséparable du repos. La nuit, loin des lieux habités, loin de toute agitation, aucun bruit ne frappe notre oreille. Ce calme vient-il à cesser, vient-on à se rapprocher des lieux où règne le mouvement, aussitôt mille sons divers arrivent jusqu'à nous. Les uns sont irréguliers, discontinus, sans caractère déterminé; ils constituent ce qu'on appelle les *bruits*. C'est le mugissement d'une cascade, le murmure d'un ruisseau, le sifflement du vent, le bruissement des feuilles, le roulement d'une voiture qui rebondit sur le sol. Les autres produisent sur l'oreille une impression calme, régulière, d'un caractère déterminé, persistant, souvent même agréable : ce sont les sons musicaux. De ce nombre sont les voix humaines, le son des instruments de musique, etc.

Les sons ont tous pour cause première un mouvement ou ébranlement particulier des corps, soit solides, soit liquides, soit gazeux.

Comme exemple d'un corps solide, prenons le diapason. Vient-on à écarter les deux branches l'une de l'autre et à les abandonner à elles-mêmes, elles tendent à revenir à leur position primitive, et oscillent rapidement de part et d'autre de cette position. Si le diapason est long et mince, ces oscillations sont visibles et l'on peut les compter, mais on n'entend pas de son. Si les branches sont épaisses et courtes, le son est très-perceptible, mais les oscillations ne le sont plus. L'écart est peu considérable et le mouvement trop rapide pour être constaté directement; néanmoins on peut mettre cet ébranlement en évidence par l'artifice suivant. On adapte des pointes flexibles aux branches du diapason, et en plaçant derrière lui une lame de verre enduite de noir de fumée, on fait vibrer le diapason et l'on fait passer rapidement la lame sous les deux pointes, et l'on obtient une trace sinueuse indiquant par sa forme même les mouvements vibratoires du diapason. (M. Lissajoux fait projeter sur un écran, au moyen de la lumière électrique, l'image amplifiée des traces obtenues de la sorte.)

Le son dans le diapason est donc dû à des oscillations très-rapides. Le mode de production du son est le même pour tous les corps solides. S'il s'agit de corps liquides ou gazeux, la production du son s'obtient en déterminant l'écoulement intermittent du fluide par un orifice. En ouvrant et en fermant alternativement cet orifice à intervalles très-rapprochés, il se produit dans l'écoulement des intermittences rapides qui donnent lieu à une série de contractions et de dilatations de l'air, et par suite à un son.

Nous avons ici une boîte cylindrique dans laquelle arrive de l'air. Cette boîte est munie à sa partie antérieure d'un disque fixe percé de trous; devant ce disque est un plateau tournant, percé aussi de trous en nombre égal: les trous du disque fixe peuvent donc coïncider avec les trous du disque mobile ou avec les parties pleines. Dans le premier cas, l'air passe librement; dans le second, son écoulement est arrêté.

Faisons tourner le plateau rapidement, les orifices sont alternativement ouverts et fermés. Conséquemment le fluide s'écoule par intermittences rapides, par saccades brusques, et il y a de la sorte production d'un son. (M. Lissajoux fait projeter sur un écran l'image des deux disques, et l'on aperçoit nettement les alternatives très-rapides de coïncidence et de non-coïncidence des trous de chaque disque en même temps qu'on entend le son.)

L'appareil dont vous voyez la projection lumineuse est un appareil de démonstration qui ne produit qu'un son très-faible; mais avec un appareil plus considérable on donne lieu à des sons remarquables sous tous les rapports.

En remplaçant l'air par un liquide, en faisant écouler de l'eau, par exemple, à travers un appareil analogue à celui qui vient de nous servir, on obtient aussi un bruit fort distinct. Cagniard de Latour, auquel on doit la découverte de cet appareil, lui a donné le nom un peu prétentieux de *sirène*, non pas à cause du charme des sons qu'il fait entendre, mais parce que la sirène est un instrument qui chante dans l'eau. Cet appareil a d'ailleurs permis de résoudre un problème bien plus important. Grâce à lui, on a pu pour la première fois compter sûrement le nombre de vibrations produites par un son quelconque dans un temps donné. On conçoit, en effet, qu'en adaptant au plateau un système de compteur qui indique le nombre de tours de ce plateau, on en conclura le nombre d'intermittences produites dans l'écoulement de l'air, et par suite le nombre de vibrations correspondant à un son donné. C'est ce que Cagniard de Latour a fait le premier, et c'est pour lui un titre impérissable de gloire. (M. Lissajoux fait l'application de ce procédé devant l'auditoire.)

Digitized by Google

Dans les orgues, on met à profit le son produit par l'écoulement des gaz. On emploie pour cela ce qu'on appelle une anche, à travers laquelle on fait passer le vent d'une soufflerie. L'anche se compose d'une gouttière creuse fermée à l'une de ses extrémités ; une languette flexible et élastique recouvre cette gouttière : ce système forme un conduit par lequel l'air est contraint de passer. Si la languette est abaissée sur la gouttière, elle arrête l'écoulement du fluide, si elle est soulevée, le fluide passe librement. Ce simple écoulement de l'air suffit pour déterminer la vibration de la languette, et amener dans l'expulsion de l'air des intermittences produisant un son. Il y a deux sortes d'anches : dans l'une, la languette vient s'appliquer sur la gouttière, c'est l'*anche battante;* dans l'autre, elle oscille librement dans l'ouverture de la gouttière, c'est l'*anche libre*. (Ces deux sortes d'anches sont montrées en projection, et l'on peut constater sur l'image grossie le mouvement oscillatoire de la languette pendant qu'on entend le son.) On peut aussi produire des sons au moyen du simple écoulement de l'air par un orifice. En hiver, par exemple, l'air attiré dans les appartements par l'appel des cheminées produit des sons en passant par les jointures et les fentes des fenêtres et des portes. Le son produit dans ces circonstances est faible ; mais si l'écoulement, au lieu de s'effectuer par une fente, s'effectue par un tube de forte dimension, le son produit est bien plus intense. Cet effet se remarque souvent dans les cheminées de bateau à vapeur, où le tirage détermine parfois la production de sons musicaux très-graves et d'une puissance extraordinaire.

En introduisant une flamme à l'intérieur d'un tube de verre, on obtient un son musical remarquable, lequel est dû à une série de vibrations occasionnées par la flamme qui s'éteint et se rallume plus de cent fois par seconde. Ce fait peut être constaté très-aisément au moyen d'un miroir tournant. En faisant fonctionner ce miroir derrière une flamme isolée, on aperçoit un trait lumineux continu. Si, au contraire, un tube enferme la même flamme, on apercevra sur le miroir une ligne présentant des solutions de continuité parfaitement appréciables, malgré leur durée infiniment petite.

La flamme est donc tout à la fois l'organe producteur et l'appareil indicateur du son.

Ainsi, en résumé, nous pouvons attribuer la production des sons à des mouvements oscillatoires, qui se succèdent avec la plus grande rapidité. Ces mouvements s'accomplissent dans la matière du corps sonore, et nous percevons les sons qu'ils déterminent par l'intermédiaire de tous les corps élastiques interposés entre ce corps et l'appareil de l'ouïe. Les solides, les liquides et les gaz peuvent servir les uns et les autres à cette transmission.

Prenons un diapason et faisons-le vibrer : le son est faible, et peu de personnes l'entendent à distance. Posons-le sur une caisse pleine d'air : il transmet son mouvement à l'air de cette caisse, et la sonorité est fortement accrue. Le même effet se produit quand nous interposons entre la caisse et le diapason une longue tige de sapin. Nous pouvons ainsi transmettre la vibration du diapason à la caisse, sans affaiblissement sensible, sur une longueur de plus de 8 mètres.

M. Wheatstone a pu ainsi faire entendre, à plusieurs étages de distance, le son de quatre instruments, piano, violon, clarinette et violoncelle, en transmettant leur mouvement vibratoire à travers les planchers par quatre tiges de sapin, longues et minces, mises en contact avec les tables d'harmonie de quatre harpes.

Si nous interposons un vase plein d'eau entre la caisse sonore et le diapason, nous constatons la transmission du mouvement vibratoire par l'eau.

Pour la constater dans l'air, nous emploierons un moyen plus délicat et plus sensible. Installons dans un tube une petite flamme, en sorte qu'il ne faille plus qu'un léger ébranlement pour la faire chanter. Si l'on vient à produire un son convenable à une certaine distance, la flamme se met à chanter immédiatement.

Le mouvement vibratoire se transmet donc par les corps élastiques et le plus communément par l'air, mais suivant quel mécanisme? Un fait dont nous sommes journellement témoins va nous en donner l'explication. Il arrive souvent que les fenêtres d'un appartement, gonflées par l'humidité, résistent à l'effort qu'on exerce pour les arracher de leur châssis. Chaque secousse qu'on leur imprime est répétée par toutes les fenêtres ou portes qui ont conservé un peu de mobilité. A quoi cet effet est-il dû? Quand nous tirons à nous par un brusque effort l'une des fenêtres, nous refoulons brusquement l'air de la chambre, celui-ci, à son tour, refoule les parties plus éloignées, et la pression se transmet de proche en proche jusqu'à la paroi où cette action repousse toutes les parties mobiles. Si, au contraire, nous refermons brusquement la fenêtre, nous observons l'effet inverse. L'air appelé vers la fenêtre que nous poussons, appelle à son tour les couches plus éloignées, et cet effet d'inspiration se transmet par le même mécanisme aux portes et fenêtres, dont la mobilité n'est pas entravée. Ce que nous faisons ainsi par une série de secousses lentes et successives, le corps sonore le fait par une succession de mouvements rapides, et c'est de la sorte que l'ébranlement se communique à tous les corps élastiques placés à distance. Seulement, cette transmission n'est pas instantanée ; elle se fait moins rapidement dans l'air que dans l'eau, et plus rapidement dans les solides que dans l'eau. La vitesse de transmission du son dans l'air est de 340 mètres par seconde ; dans l'eau, de 1435 mètres, et dans le bois de sapin, de 6000 mètres.

Si l'on supprime le milieu qui transmet le son, la transmission est interceptée, et le son ne nous parvient plus. Voici un ballon à l'intérieur duquel se trouve une clochette. Le ballon est plein d'air, et en l'agitant, nous entendons parfaitement le son. Mais si nous faisons le vide dans le ballon, nous aurons beau l'agiter, aucun son

Digitized by Google

ne se fera entendre. C'est que le véhicule du son a été supprimé. Si nous ouvrons le robinet qui ferme le ballon, l'air rentre et la clochette se fera de nouveau entendre. Le ballon étant plein d'air, vous remarquez qu'on entend le son de la même manière, que le robinet soit ouvert ou fermé. Cela prouve une fois de plus que les solides transmettent le son.

L'interposition d'un milieu entre notre oreille et l'organe producteur du son est donc indispensable pour que l'audition ait lieu. Si la lune venait à éclater comme une bombe, nous n'entendrions aucun bruit.

Examinons maintenant d'une façon sommaire le mode de perception des sons.

L'oreille est composée d'une conque ou pavillon plus ou moins contourné et terminé par un tube au fond duquel est une membrane qu'on appelle le tympan. Cette membrane est mise en vibration aussitôt que l'air environnant est convenablement agité. Elle reproduit avec fidélité les mouvements vibratoires que l'air lui transmet. Nous pouvons le démontrer expérimentalement.

Voici un tube de grande dimension terminé par une membrane : c'est en quelque sorte la partie antérieure d'une oreille gigantesque. On a fixé à cette membrane un style flexible; on présente à l'ouverture du tube un diapason, et en même temps on fait vibrer un diapason exactement semblable, placé tout près de la membrane et muni également d'un style. Les deux diapasons tracent leurs vibrations sur une même lame de verre noircie ; l'un la trace directement, l'autre par l'intermédiaire de la membrane. Nous plaçons les épreuves dans la lampe électrique, et nous voyons que les deux dessins projetés sur le tableau sont identiques.

Occupons-nous maintenant des qualités caractéristiques du son :

Ces qualités sont au nombre de trois : 1° l'intensité ; 2° la hauteur; 3° le timbre.

L'intensité du son n'est autre chose que son énergie. Elle est due à l'amplitude des mouvements vibratoires. Si les branches d'un diapason oscillent d'un centimètre, le son produit est d'une intensité bien plus considérable que celui déterminé par des oscillations d'un millimètre.

Fixons sur la branche d'un diapason un miroir, et faisons réfléchir sur ce miroir un rayon lumineux que nous renvoyons de là sur l'écran. Ce rayon donne une trace ronde et brillante. Faisons vibrer le diapason, la trace se convertit en une ligne allongée : c'est que le miroir, dans son oscillation, entraîne le rayon réfléchi, et la pointe de celui-ci parcourt sur l'écran un espace où son mouvement rapide détermine une illumination continue. Plus le son est intense, plus la ligne est longue, et, par suite, plus les oscillations ont d'amplitude.

L'intensité du son ne croît pas indéfiniment. Elle a une limite qu'il est imprudent de dépasser; nos organes ne peuvent, en effet, supporter des ébranlements exagérés, et l'incertitude qui se manifeste dans leur appréciation nous avertit des limites que la nature ne nous a pas permis de franchir.

On peut accroître l'intensité du son en multipliant les appareils sonores, mais l'intensité ne croît pas proportionnellement au nombre des appareils, attendu que, dans certaines circonstances, les sons arrivent à se détruire mutuellement. Dix violons ne donnent pas dix fois plus de son qu'un seul.

Pour le prouver expérimentalement, je prends une plaque circulaire et je l'ébranle à l'aide d'un archet, après avoir saupoudré sa surface de sable fin. Le sable est chassé par la vibration, et vient se réfugier sur douze diamètres équidistants qui sont des lignes de repos. Ces lignes divisent la plaque en douze secteurs vibrants qui sont comme douze instruments juxtaposés. Si je masque, au moyen d'un carton découpé, six de ces secteurs pris de deux en deux, l'intensité du son est notablement accrue : ainsi, ces douze instruments sonores donnent moins de son que six d'entre eux. Ce résultat est facile à expliquer. En effet, les lignes de repos sont des lignes de séparation de deux parties contiguës animées de mouvements inverses. C'est pourquoi, lorsque les sections 1, 3, 5, 7, 9 et 11 refoulent l'air ambiant, les sections 2, 4, 6, 8, 10 et 12 l'aspirent. Les mouvements transmis à l'air ambiant sont donc inverses et s'entre-détruisent en partie. Il y a même des points par lesquels cette destruction est complète : tels sont les points situés sur une ligne exactement perpendiculaire au centre de la plaque.

Un effet analogue se produit dans les cloches, et il vous sera facile de le constater vous-mêmes, si, quelque jour, vous tentez l'ascension des tours de notre vieille cathédrale. Dans une vaste chambre à la base de la tour méridionale se trouve une grosse cloche, la seule qui soit restée de deux cloches pareilles : c'est le gros bourdon Emmanuel, qui a eu pour parrain Louis XIV. Frappez avec le poing sur le bord de la cloche, et vous entendrez un son majestueux et sourd qui remplira toute la chambre et sera entendu à plusieurs mètres de distance. Frappez de nouveau et pénétrez hardiment sous le vaste entonnoir de bronze, et à quelques centimètres du bord le son s'affaiblira rapidement, au centre vous n'entendrez rien. Cette expérience, facile à répéter, démontre de la façon la plus nette que, pour ne point entendre une cloche, il faut se placer en son milieu.

L'intensité du son décroît avec la distance. A une distance double, le calcul indique qu'elle doit être quatre fois moindre; à une distance triple, neuf fois moindre; cent fois moindre à une distance décuple. Cette loi, vraie dans un espace indéfini, devient inexacte pour un espace limité, et il est heureux qu'il en soit ainsi, car sans cela que deviendraient le professorat et l'art dramatique?

Le son renvoyé par les parois s'ajoute au son direct, et le renforce quand il ne le détruit pas. Il résulte de là une distribution des intensités qui varie avec la forme de la salle. La meilleure forme est souvent difficile à réaliser,

Digitized by Google

d'autant plus que certains préjugés font préférer souvent des formes plus nuisibles qu'utiles. C'est ainsi qu'on adopte parfois pour les salles de concert certaines formes géométriques, la forme elliptique entre autres. Mais c'est une prédilection mal fondée. Dans les salles elliptiques il existe deux points, les foyers, tels que le son produit au voisinage d'un des deux se concentre au voisinage de l'autre. Cette concentration a lieu d'abord au détriment des autres places : ce que les uns ont en plus, les autres l'ont en moins ; mais ce n'est pas tout, il en résulte dans l'effet musical les modifications les plus déplorables.

M'étant trouvé un jour à l'un des foyers d'une salle de concert elliptique, le hasard voulut que l'autre foyer fût occupé par le basson. L'intensité de l'instrument se trouvait tellement accrue pour moi, que sa sonorité dominait tout l'orchestre. Chaque morceau d'ensemble était devenu, par une transformation monstrueuse, un solo de basson avec accompagnement d'orchestre. J'engage les amateurs de musique à choisir avec soin leur place dans les salles de forme elliptique s'ils ne veulent pas être exposés à un pareil supplice.

D'autres circonstances que la forme peuvent influer sur la propagation du son. Dans les théâtres, il y a habituellement, entre les artistes et les spectateurs du premier rang, un rideau assez épais d'air chaud dû à la combustion des becs de gaz formant la rampe. Or, ce rideau empêche la propagation du son d'une manière notable, si bien qu'à l'Opéra, on entend mieux aux places éloignées qu'aux stalles d'orchestre les plus voisines de la scène.

Les différents sons ne se propagent pas avec une égale facilité. Les voyelles portent beaucoup plus loin que les consonnes, et pour être entendu de loin, il faut accentuer l'articulation des consonnes. Cette précaution est nécessaire surtout à la scène, et de grands chanteurs ont dû une partie de leur succès à une articulation dont l'exagération manifeste et même gênante de près perdait toute sa dureté avec la distance, et donnait à leur prononciation une netteté exceptionnelle.

Parmi les consonnes, certaines portent plus loin que d'autres : l'*n*, l'*m*, sont du nombre parce qu'elles empruntent quelque chose à la sonorité des voyelles. Cet affaiblissement des consonnes avec la distance rendrait impossible la transmission des commandements militaires, si l'on n'avait soin de les articuler avec un rhythme et une intonation déterminée qui les rendent parfaitement reconnaissables, même à la distance où les consonnes ne s'entendent plus.

L'intensité relative de deux sons peut être renversée par la distance : ainsi les pédales de flûte de l'orgue font moins d'effet de près que les gros tuyaux à anche connus sous le nom de bombardes, et à grande distance, le son du dernier est éteint, tandis que l'autre s'entend encore. M. Cavaillé-Coll l'a remarqué lors de la construction de l'orgue de Saint-Denis.

Arrivons maintenant à la hauteur. Un son est plus ou moins haut selon que les vibrations en sont plus ou moins rapides.

La limite inférieure des sons graves correspond à 32 vibrations par seconde, et même plusieurs physiciens ne l'admettent pas au-dessous de 40, tandis que celle des sons aigus correspond selon Despretz à 73 700 vibrations. Le tuyau le plus aigu de l'orgue de Saint-Sulpice ne fait pas plus de 25 000 vibrations par seconde. Celui que je fais entendre ici en exécute 27 800.

Despretz a fait construire une gamme de diapasons entre 16 384 vibrations et 32 768. Il a fait également construire l'octave du son le plus aigu faisant 65 536 vibrations, et enfin un diapason en faisant 73 700. C'est le son le plus aigu qu'on ait pu obtenir. (M. Lissajoux fait vibrer ces diapasons suraigus, qui sont entendus jusqu'aux derniers coins de la salle).

Les sons suraigus ne sont pas entendus par toutes les oreilles. Arago se trouvait à côté des appareils de Despretz, lorsque ce dernier répétait ses expériences à l'Académie des sciences, et il n'entendait pas les sons les plus élevés, tandis que des personnes placées beaucoup plus loin que lui percevaient sans peine les sons de plus de 75 000 vibrations à la seconde.

Je termine par ce qui concerne le timbre.

On est disposé à mettre sur le compte du timbre tout ce qui dans le son ne correspond, ni à l'intensité, ni à la hauteur. Le timbre constitue la sonorité caractéristique des différents instruments de musique : c'est le timbre qui fait qu'on distingue un violon d'une flûte et une flûte d'une clarinette. Il faut distinguer du timbre le caractère spécial résultant de la manière dont le son commence. Ce caractère qui se produit dans les instruments est au timbre proprement dit ce que la consonne est à la voyelle. On sait que quand les enfants veulent imiter le son de tel et tel instrument, ils se servent de préférence de telle ou telle syllabe. Les instruments se caractérisent ainsi par certains bruits accompagnant le mode d'attaque. Dans les instruments à vent, c'est le coup de langue ; dans ceux à cordes, c'est le coup d'archet ou le coup de marteau.

L'articulation initiale s'efface avec la distance, comme la consonne et les instruments perdent de loin une partie de leur caractère spécifique.

Quant au timbre lui-même, il dépend de la manière dont chaque vibration s'accomplit, indépendamment de la durée et de l'amplitude. Pour le prouver, j'ai fixé à une corde un style très-léger, et j'ai fait tracer à cette corde son mouvement vibratoire sur une lame mobile enduite de noir de fumée.... Voici la corde pincée, les sinuosités sont arrondies et irrégulières. La corde attaquée avec l'archet, les dentelures sont aiguës et à angles vifs comme celles d'une scie. Attaquée d'une main maladroite, elle donne sous l'archet un mélange de sons que les dentelures multipliées indiquent nettement. Voici maintenant la corde attaquée au marteau, et la présence

Digitized by Google

de sinuosités secondaires superposées aux sinuosités du son fondamental peint nettement à l'œil ce mélange inévitable de sons que l'oreille délicate du musicien reconnaît sans peine dans le timbre du piano.

La différence de timbre entre le son de l'anche libre, rond et doux, et le son de l'anche battante, mordant et énergique, est due à une différence dans la manière dont s'opèrent les intermittences dans l'écoulement de l'air. Un style fixé à la languette peut en tracer le mouvement sur une lame noircie, et les deux traces que je mets simultanément sous vos yeux accusent par leur différence de formes le caractère bien tranché des deux mouvements vibratoires.

On s'est demandé s'il était possible d'imiter un timbre donné en combinant divers tuyaux. L'expérience a répondu affirmativement. Disons d'abord qu'une pareille combinaison se fait journellement dans l'orgue, où chaque touche peut faire résonner d'un seul coup de doigt jusqu'à soixante ou quatre-vingts tuyaux parlant à la fois.

Il y a même dans l'orgue un jeu dont chaque note se compose de cinq tuyaux au moins qui résonnent d'une seule émission. Ces tuyaux donnent des sons dont le rapport numérique est représenté par les nombres 1, 2, 3, 4, 5, etc., et la sonorité douce, quand on les entend isolément, se fond en un timbre unique clair et mordant, qui rappelle le son de la trompette et a reçu le nom caractéristique de *cornet*.

M. Cavaillé-Coll s'est occupé de rechercher jusqu'à quelle limite il était possible d'étendre cette combinaison. Il a pu employer jusqu'à 32 tuyaux. Nous en avons ici 16; nous les faisons entendre successivement, et nous pouvons reconnaître que les plus aigus n'ont même pour la plupart aucune place dans l'échelle musicale. Malgré cela, tous ces sons se fondent en un son unique et un timbre tout à fait homogène, qui rappelle par sa sonorité le gros tuyau de bombarde.

Si les sons que l'on mélange ne présentent aucun rapport simple, on obtient pour résultat un bruit, c'est-à-dire un son confus et qui n'a plus de caractère musical. (M. Lissajoux fait une expérience de ce genre avec le tamtam).

Vous le voyez donc, messieurs, les sons présentent des qualités exceptionnellement variées, l'intensité avec toutes ses nuances, la hauteur avec son échelle si étendue, le timbre avec ses formes de vibrations qui peuvent réaliser tous les rêves de l'imagination.

Tout cela constitue pour l'art musical un ensemble de ressources infinies. Joignez à cela l'exquise sensibilité de l'oreille, si prompte à apprécier dans les sons les nuances les plus délicates. Tel est le champ fécond offert au talent des artistes, champ précieux et inépuisable pour ceux qui joignent à la science l'amour du beau, l'instinct du vrai, et ce qui n'a été départi qu'à un petit nombre d'hommes, le génie. — Fernand Papillon.

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

### BOTANIQUE (1).

COURS DE M. CHATIN.

VII.

**Des feuilles.**

Les feuilles sont des expansions vertes qui naissent sur la tige et les rameaux. On y distingue trois parties : la gaîne, le pétiole et le limbe ou lame.

*Pétiole.* — C'est le support du limbe de la feuille. Il est formé d'un nombre variable, — suivant les genres, ou même suivant les familles, — de faisceaux fibro-vasculaires naissant de la tige et se divisant ensuite pour constituer les nervures du limbe; d'ailleurs ces faisceaux sont toujours entourés par du parenchyme. Le pétiole manque quelquefois, comme chez le Chèvrefeuille: dans ce cas, la feuille est dite sessile; dans le cas contraire, on la dit pétiolée; le pétiole prend alors un notable développement en largeur, comme dans l'Oranger où il se borde de sortes d'ailes. Dans quelques cas enfin, il prend encore un plus grand accroissement, s'allonge, et s'aplatit pour remplacer le limbe avorté. On donne le nom de *phyllode* à ce dernier pétiole, caractérisé surtout en ce que ses faces sont bilatérales, au lieu d'être tournées, l'une vers la terre et l'autre vers le zénith, comme cela a lieu dans les vrais limbes. Les feuilles phyllodiées se voient surtout dans les Acacias de la Nouvelle-Hollande, où souvent le même rameau porte des phyllodes et de vraies feuilles.

La *gaîne* existerait toujours dans les feuilles jeunes, mais elle persiste surtout chez les Monocotylédones. Elle disparaît généralement à mesure qu'on s'élève dans la série des plantes. Chez les Dicotylédones, la gaîne ne prend un notable développement que chez les Ombellifères et les Renonculacées herbacées.

*Limbe.* — Le limbe de la feuille est formé par l'épanouissement des faisceaux fibro-vasculaires du pétiole, réunis entre eux et recouverts par du parenchyme. Ces faisceaux, dont le relief constitue les *nervures*, restent simples ou se subdivisent et se ramifient de différentes manières, déterminant par leurs dispositions la forme générale de la feuille. Souvent il existe une nervure principale, plus grosse et plus saillante que les autres, qui semble être la continuation du pétiole, et qui, divisant le limbe en deux parties plus ou moins égales, porte le nom de *nervure médiane;* c'est ordinairement de la base ou des parties latérales de cette nervure que partent les nervures secondaires.

*Nervation.* — Nous allons passer en revue les dispositions principales que peuvent affecter les nervures. Elles peuvent d'abord naître toutes en divergeant de la base du limbe, et les feuilles sont dans ce cas *palmées* ou *digitinervées* (les Malvacées, la Vigne). Quelquefois, partant toutes de la base du limbe, les nervures secondaires restent dans toute leur longueur parallèles à la nervure médiane. Les feuilles sont alors dites *rectinervées* (exemple : Maïs, Froment, toutes les Graminées); on les dit *curvinervées* (Muguet), si les nervures latérales sont arquées et se réunissent toutes au sommet de la feuille. D'autres fois, le pétiole, au lieu de s'insérer à la base du limbe, s'attache vers le milieu de sa face inférieure. Les nervures partent alors toutes en rayonnant de ce point vers la circonférence du limbe. Ces feuilles sont appelées *peltinervées* ou *peltées* (exemple : la Capucine). Les nervures secondaires peuvent encore, — et ce cas est de beaucoup le plus

(1) Voy. le n° 51 de la 1re année et les nos 1er, 8, 12 et 15 de la 2e.

Digitized by Google

commun dans les Dicotylédones, — partir toutes des deux côtés de la nervure médiane, comme les barbes d'une plume; la feuille est alors *penninervée* (ex.: l'Orme, le Tilleul, le Chêne).

On peut dire que la disposition générale des nervures n'est pas la même dans les Dicotylédones et dans les Monocotylédones; dans ces dernières, les nervures secondaires, en général peu saillantes, sont presque toujours simples et parallèles entre elles. Dans les Dicotylédones, au contraire, elles sont plus prononcées, divergent en des directions diverses, et s'anastomosent par des sortes de petites arcades. Il existe cependant quelques exceptions; les Arodïées et les Smylacées, par exemple, sont des Monocotylédones à nervation divergente; plusieurs *Ranunculus* et *Buplevrum* sont au contraire des Dicotylédones à nervation parallèle.

Suivant que le parenchyme remplit plus ou moins les intervalles laissés entre les nervures, les feuilles sont entières, dentées, lobées, partites, etc.

On distingue aussi les feuilles en feuilles *simples* et en feuilles *composées*. La feuille est simple quand le pétiole, n'offrant aucune division sensible, le limbe se trouve formé d'une seule et même pièce (exemple : Lilas, Tilleul, Orme, etc.).

La feuille composée résulte de l'assemblage d'un nombre plus ou moins considérable de petites feuilles isolées et distinctes (*folioles*), fixées et articulées sur les côtés ou au sommet d'un pétiole commun auquel on donne quelquefois, dans ce cas, le nom de *rachis*. Dans une feuille composée, les divisions constituant les folioles vont toujours jusqu'à la nervure médiane. Il en est de même des fausses feuilles composées, que distingue seulement la non-particulation des folioles (exemple : beaucoup de Renonculacées, d'Ombellifères, etc.).

*Plantes aphylles.* — Il existe des plantes (*Cuscute*) dans lesquelles les feuilles manquent complétement, mais elles sont alors assez souvent représentées par certains organes particuliers. Ainsi, dans les plantes grasses, elles le sont par des épines.

De véritables rameaux, distingués par M. Clos sous le nom de *cladodes*, peuvent prendre l'apparence des feuilles, comme on le voit dans notre Petit-Houx (*Ruscus aculeatus*), où les vraies feuilles sont représentées par de très-petites écailles placées à la face supérieure du rameau fausse feuille; suivant la loi ordinaire, c'est de l'aisselle des vraies feuilles que sortent les fleurs.

Quant au rôle physiologique des feuilles avortées ou rudimentaires, il est rempli par le phyllode, par le cladode ou par la surface même des tiges, qui, pour cette fonction, restent toujours vertes (exemple : Cactées, etc.).

*Phyllotaxie.* — Il faut distinguer la disposition des feuilles : *a*, par rapport aux parties diverses de la plante; *b*, entre elles.

*a.* — Si l'on considère la position que les feuilles occupent par rapport à la tige, on les distingue en feuilles : 1° *radicales*, celles qui naissent près du collet de la racine (Plantain, Pissenlit); 2° *caulinaires*, celles qui sont fixées sur la tige; 3° *raméales*, quand elles naissent sur les rameaux; 4° *florales*, celles qui accompagnent les fleurs, quand elles n'ont pas changé de forme ni de nature, comme dans le chèvre feuille; si elles diffèrent au contraire des autres feuilles par leur petitesse ou leur coloration, on leur donne plus spécialement le nom de *bractées*. Les bractées peuvent être plus éclatantes et plus ornementales que les fleurs elles-mêmes (exemple : *Bouganvillea*, diverses Sauges, etc.).

La forme des feuilles sur une même plante varie par suite suivant la place qu'elles occupent sur la tige. Ainsi, dans le Chou, les feuilles radicales sont grandes et pétiolées, tandis que les supérieures sont petites et sessiles. Les feuilles peuvent différer aussi avec le moment de leur développement; c'est ainsi que les feuilles primordiales du Haricot sont simples et opposées, tandis que les suivantes sont composées et alternes.

*b.* — La phyllotaxie s'occupe plus spécialement de la disposition qu'affectent les feuilles les unes par rapport aux autres. Les feuilles peuvent être *opposées*, si elles sont disposées deux par deux, et fixées à la même hauteur en deux points diamétralement opposés de la tige (exemple : le Cafier et presque toutes les Labiées); *verticillées*, si elles naissent plus de deux à la même hauteur sur la tige (exemple : le *Westringia* parmi les Labiées, le Laurier-rose, la Garance); *alternes*, quand elles naissent une par une sur les différents points de la tige. Dans ce dernier cas, leur disposition paraît au premier abord très-irrégulière, ce qui l'a fait dire *éparse*, elle se rattache cependant à des lois générales que nous allons faire connaître, après avoir défini quelques termes communément usités.

Les feuilles sont dites *éparses* quand, étant alternes, elles semblent n'affecter aucune disposition régulière; *géminées* ou *conjuguées*, si elles naissent deux par deux, mais d'un même côté de la tige; *unilatérales*, quand elles sont toutes tournées d'un seul et même côté (exemple : *Convallaria multiflora*); *distiques*, si elles se présentent sur les côtés du rameau (exemple : Orme, Tilleul).

Nous avons dit plus haut que lorsque les feuilles sont alternes, leur disposition se fait néanmoins d'après un ordre donné, toujours le même pour une même plante : ce grand fait n'avait pas échappé à M. Bonnet; mais ce n'est qu'en ces dernières années que, bien étudié par M. Braun et Schimper et un peu plus tard par le mathématicien Bravais, il est devenu cette partie de la science des végétaux qui a reçu le nom de *phyllotaxie*. Si l'on trace sur un rameau une ligne passant par les points d'attache de toutes les feuilles, on voit que cette ligne décrit une spirale continue autour de ce rameau. Or, si l'on compte alors le nombre des feuilles que la spire rencontre pour aller d'une feuille quelconque à la feuille qui se trouve placée immédiatement au-dessus d'elle, on voit ce nombre, de même que celui des tours de la spire, varie avec différentes plantes, mais est constant dans une espèce donnée : on a donné le nom de cycle à l'étendue de cette ligne spirale placée entre une feuille et celle qui lui est exactement superposée, et enfin l'on a exprimé cette disposition par un nombre fractionnaire, où le dénominateur représente le nombre de feuilles nécessaires pour former le cycle, et le numérateur le nombre des tours de la spire compris entre les deux points extrêmes. Le nombre de ces arrangements, que l'on aurait pu croire très-considérable, paraît être cependant fort limité. Ainsi il est ordinairement l'un des suivants :

$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{2}{5} \quad \frac{3}{8} \quad \frac{5}{13} \quad \frac{8}{21} \quad \frac{13}{34} \quad \frac{21}{55}$$

L'examen de cette série de nombres fractionnaires donne lieu à une remarque assez curieuse. En effet, pour trouver l'une quelconque de ces fractions, il suffit d'additionner ensemble les numérateurs et les dénominateurs des deux précédentes : les deux premières étant connues, on peut, par suite, connaître facilement les autres.

La spire génératrice marche tantôt de gauche à droite, tantôt de droite à gauche. Cette direction est rarement constante, et fréquemment elle varie sur les divers rameaux d'une même tige.

Armand Descamps, pharmacien.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 18. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 1er AVRIL 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences. — Académie de médecine.**

FACULTÉ DE MÉDECINE. — **Conférences historiques.** — **M. Verneuil** : Les chirurgiens érudits : Antoine Louis.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : Physiologie du bulbe rachidien (suite) ; le nœud vital.

FACULTÉ DE MÉDECINE. — **Histologie.** — Cours de **M. Robin** : Évolution embryogénique des tissus.

---

Paris, 31 mars 1865.

Comme nous l'avons annoncé dans un de nos derniers numéros, l'Académie de médecine va pourvoir à une place vacante dans la section d'hygiène. Mardi dernier, la section a présenté en comité secret son rapport et sa liste de candidatures, qui a soulevé au sein de l'Académie les réclamations les plus nombreuses et les plus vives. Jamais séance n'avait été si orageuse. Un membre est allé même jusqu'à demander que sur les six candidats présentés, quatre fussent remplacés par d'autres. MM. Velpeau, Bouchardat, Ricord, Larrey, Pidoux, Jules Guérin, Chevallier, Robin etc., ont successivement protesté, les uns en faveur de M. Bouchut, les autres en faveur de M. Boudin. Nous nous étonnons qu'aucun journal de médecine n'ait pris parti dans ce débat, et que plusieurs aient affecté de l'ignorer. L'Académie donnera sans doute, mardi prochain, à la section d'hygiène, une leçon analogue à celle qu'elle a donnée dernièrement à la section d'art vétérinaire.

Ainsi qu'il l'avait annoncé dans la précédente séance, M. Charles Sainte-Claire Deville a présenté lundi dernier, à l'Académie des sciences, un mémoire fort intéressant relatif à l'influence probable de l'apparition des astéroïdes ou étoiles filantes sur les variations de la température de l'air, ou plutôt sur les rapports des deux phénomènes. M. Charles Sainte-Claire Deville a fait, pour les apparitions d'étoiles filantes, un grand nombre de calculs de moyennes, relatifs à différents mois de l'année et portant sur des périodes fort étendues.

M. Coulvier-Gravier a fait une seconde communication relative à ses observations météorologiques.

M. Le Verrier a appris à l'Académie l'apparition d'une comète qui n'est pas encore visible dans notre hémisphère, mais qui vient d'être observée dans l'hémisphère austral.

M. de Quatrefages a présenté une note sur la classification des annélides, avec un tableau résumant cette classification d'une manière complète.

Enfin, M. Chatin a lu un mémoire sur les *fibres corticales*, et M. Montegazza (de Pavie) a envoyé un travail relatif à la greffe animale, dans lequel il constate qu'il a réussi à greffer ainsi plusieurs organes qui ne l'avaient pas encore été jusqu'ici, notamment la rate, etc.

Nous publions aujourd'hui la première *conférence historique* de la Faculté de médecine faite par M. Verneuil; la seconde, celle de M. Lasègue, paraîtra très-prochainement; nous comptons, du reste, publier successivement toutes ces conférences soit *in extenso*, soit sous forme de rédaction, de même que nous avons publié toutes les *Soirées scientifiques de la Sorbonne*.

ÉMILE ALGLAVE.

---



Digitized by Google

## FACULTÉ DE MÉDECINE.

### CONFÉRENCES HISTORIQUES.

M. VERNEUIL.

**Les chirurgiens érudits. — Antoine Louis.**

Messieurs,

Les conférences que j'ai l'honneur d'inaugurer s'adressent essentiellement aux élèves. Les maîtres, du moins aujourd'hui, n'auront ici guère à apprendre. L'absence de tout ordre méthodique dans le choix des sujets et la variété du programme indiquent déjà qu'il ne s'agit pas d'un enseignement historique régulier; nous nous proposons surtout de prévenir et de combattre un préjugé qu'on inculque à la jeunesse, et qu'elle adopte volontiers un peu par ignorance et beaucoup par paresse; préjugé qui consiste à traiter avec dédain les études médicales historiques, et, par conséquent, ceux qui en font l'objet de leurs veilles.

Il faut vous démontrer que l'érudition, dont on vous dit du mal, ou du moins peu de bien, est bonne, équitable, morale, attrayante, utile enfin à la pratique même aussi bien qu'à la science pure. Il faut que vous honoriez ceux qui l'ont cultivée jadis, ne fût-ce que par reconnaissance et pour ne point décourager ceux qui la servent dans le présent ou la serviront dans l'avenir.

C'est pour exposer une thèse générale que j'ai choisi pour titre les Chirurgiens érudits, et pour vous offrir un modèle, j'ai nommé particulièrement Antoine Louis, l'illustre secrétaire de l'ancienne Académie de chirurgie, en qui se résumèrent toutes les qualités, toutes les aptitudes du vrai savant, et que je ne saurais mieux louer, mieux approuver, mieux signaler à votre esprit qu'en l'appelant le Malgaigne du XVIIIe siècle.

Cherchons ensemble les origines du préjugé que je dénonçais tout à l'heure. Je suppose que l'un de vous, fraîchement débarqué de province et muni de sa première inscription, se trouve au milieu d'une réunion mondaine composée de gens bien portants et suffisamment lettrés; il court risque d'entendre sur la médecine et les médecins les opinions et les jugements les plus singuliers.

Jeune homme, dira l'un des assistants, la médecine est un sacerdoce! formule solennelle qui, traduite en langage vulgaire, signifie que le médecin est un être à part dans la société, qui, sain ou souffrant, le jour ou la nuit, en décembre ou en août, à Paris ou dans un hameau, pour rien ou pour une rétribution atteignant deux francs en moyenne, se doit corps et âme à son semblable. Un second affirmera avec assurance que la médecine est un tissu de conjectures qui n'a fait nul progrès depuis Hippocrate; aussi n'y croit-il pas; il n'a confiance que dans la chirurgie, où tout est positif, où l'on voit ce que l'on fait, où l'on agit enfin sans retard et sans embarras! Merci à ce personnage bienveillant de la part des chirurgiens. Un troisième, esprit pratique, considère la médecine comme une profession en tout semblable aux autres, c'est un métier dont on vit. La santé est une denrée qu'on vend et qu'on achète; c'est comparable, en somme, à l'art d'élever les lapins et de s'en faire 3000 livres de rente.

D'autres, plus sensés, qui doivent à l'efficacité de la médecine, qui une mère, qui une sœur, qui un ami, accorderont que c'est un art utile, bienfaisant et consolateur: ce sera le comble de l'apologie.

De la science, dans tout ceci, il n'est nullement question. On allègue d'abord que la bonne nature, qui n'a pas fait ses humanités au collége, guérit seule, à son heure, quand elle est bien disposée, et beaucoup mieux que ses ministres. Tout le monde se mêle de médecine pour soi et ses voisins; on juge magistralement et l'on tient toujours en réserve le cas très-curieux d'un malade *abandonné de tous les médecins*, et qui a fort bien guéri par l'entremise d'un magnétiseur, d'une somnambule ou d'un médium extra-lucide. Aux siècles passés, les rebouteurs, les sorciers, les exorcistes, faisaient pareils miracles; le nom seul a changé, la crédulité point. Demande-t-on d'un médecin s'il est savant? Non du tout; on s'informe s'il sait guérir et s'il a fait ses preuves: voilà tout.

Il n'est pas surprenant que les gens du monde apprécient de la sorte la médecine. Ils ne sont sensibles qu'à ce qui les touche immédiatement, et pour la plupart ignorent tout à fait les principes qui président à la constitution d'un art quelconque. Pour aller du Havre à New-York, il leur faut un bon capitaine commandant un bon paquebot, ils ne se soucient ni de Papin, ni de Watt, ni de Fulton, ni de l'inventeur inconnu de la boussole, ni des astronomes qui ont appris au marin à lire sa route dans les cieux. Ils viennent à la médecine, quand ils sont malades, comme ils s'approchent du feu, quand il fait froid, pour se chauffer les doigts, sans savoir ce qu'est le combustible et en quoi consiste la combustion. Ils profitent, ils jouissent, ils font bien; ils ne seraient passibles d'aucun reproche, s'ils s'abstenaient de juger à la légère une science qu'ils ne sauraient comprendre.

Après la médecine, les médecins: je m'abstiendrai de vous répéter tout ce qu'en dit le vulgaire, et comment il répartit la couronne de lauriers ou celle d'épines. Tous les qualificatifs sont d'usage, depuis sauveur jusqu'à bourreau; toutes les épithètes, depuis le phénix jusqu'à la monture de Sancho Pança.

A quelques jours de là, notre étudiant prend part à une réunion de médecins, il écoute de ses deux oreilles. Naturellement on n'y maltraite pas les fils d'Esculape en général. En revanche, on y vitupère la gent des clients: ce sont légitimes représailles; les exceptions honorables sont admises, comme de juste. Puis on parle de la médecine au point de vue abstrait. Hélas! il faut bien le reconnaître, les médecins, pour la plupart, sont terriblement gens du monde. On vante, on exalte la pratique, on se proclame avant tout praticien. Puis vient le déluge des grands mots,

Digitized by Google

l'expérience, l'observation, la clinique, la grande voix des faits, le livre éloquent de la nature, etc.; on admet la lecture, on approuve les livres, surtout s'ils sont riches en détails thérapeutiques, et parmi les journaux ceux-là sont bons qui renferment force formules pour traiter l'hydropisie ou la paralysie et faire fondre les engorgements, on va jusqu'à louer les auteurs, et de temps en temps s'échangent les épithètes de savant collègue et d'éminent confrère.

Cependant il ne faut pas trop s'écarter de cette route, les travaux de science pure, la microscopie, l'anatomie fine, la physiologie générale, la recherche patiente des principes immédiats ou des lois physiques applicables à notre machine, trouvent peu d'admirateurs et d'enthousiastes. Sont-ce des vérités? peu importe. A quoi cela sert-il au lit du malade? voilà l'inévitable question.

L'érudition trouve encore bien moins grâce, c'est une superfluité, un hors-d'œuvre indigeste. Les objections pleuvent; cette malencontreuse science bibliographique détourne de la pratique, entrave l'essor du génie, annule l'esprit de découvertes, fait perdre un temps précieux; en un mot, jette une pierre sur les rails du progrès. Et tout cela pour apprendre aux contemporains, qui ne s'en soucient guère, que Celse a écrit sur la taille, Hippocrate sur la fièvre, et Rhazès sur la variole. *Vanitas vanitatum.*

Après la satire sur la chose, les quolibets sur ses adeptes. L'érudit plongé dans la méditation stérile du passé ressemble à l'astronome de la Fable : il lit le grec à livre ouvert, et il ne saurait guérir une colique. Si n'était l'uniformité du costume et du régime à notre époque, il serait couvert d'une couche épaisse de poussière exhalée des vieux tomes, et entre-temps grignoterait volontiers le parchemin. Enfin, les phrases sévères : l'érudit est un être maussade, pédant, envieux, jaloux du présent, qu'il dénigre au profit du passé ; cherchant à ravir à ses contemporains la gloire de leurs découvertes ; plaidant toujours la cause des morts au détriment des vivants; sans complaisance, sans respect et sans patriotisme.

Ces assertions ne sont pas sans réplique. A la vérité, les travaux d'érudition empiètent sur le temps qu'on pourrait consacrer à la pratique; mais en revanche, ceux-là qui voient des malades du matin au soir ne font guère avancer la science. Les érudits, j'en conviens, semblent faire peu de découvertes; mais ne serait-ce pas parce qu'ils s'abstiennent d'annoncer comme nouvelles des choses dix fois inventées déjà. Au lieu de laisser croire que les conceptions sortent de leur cerveau comme Minerve, ils prennent soin de recueillir les traces fugitives éparses dans l'histoire, et montrent avec bonne foi le fil qui les a conduits, sinon à une découverte ou à une invention, au moins à un utile perfectionnement; ils font leur gerbe épi par épi, en glanant et ne ramassant point celle d'autrui oubliée ou perdue.

Que le génie à l'allure impétueuse, à l'inspiration soudaine, s'arrange mal de la marche prudente et mesurée de la bibliographie, passe encore : l'éclair de la pensée s'éteindrait pendant les heures nécessaires à la recherche laborieuse d'un texte perdu dans l'océan des livres, comme l'inspiration du peintre s'évanouirait s'il lui fallait broyer ses couleurs. Certaines intelligences percent les ténèbres profondes, et pour découvrir la vérité peuvent se passer des procédés logiques : qu'ils en soient dispensés, j'y consens. Mais les génies sont rares; à côté d'idées brillantes, ils enfantent des erreurs longues à déraciner, parce qu'ils dispensent leur imagination du joug et du frein de la lecture, et c'est aux critiques érudits qu'incombe plus tard la lourde tâche de faire le triage et d'arracher l'ivraie.

Dans tous les cas, il ne faut pas que les esprits vulgaires abritent leur paresse derrière de telles exceptions; il ne serait pas difficile d'ailleurs de prouver que le travail patient d'un esprit ordinaire mène tout aussi sûrement aux découvertes utiles et durables, que les convulsions d'un cerveau d'élite. Du reste, je conteste formellement que l'instruction ait jamais diminué le génie.

Il est vrai qu'on peut être un grand savant et un praticien médiocre, et que l'érudition ne donne pas au chirurgien la dextérité manuelle. Mais, à ce compte, on devrait mépriser un Arago, s'il ne savait pas conduire une corvette. Chaque rôle exige une aptitude, et quiconque remplit le sien est digne d'estime, car il sert l'humanité. Il faudrait être franc, et déclarer qu'on ne fait pas d'érudition, parce qu'elle prend beaucoup de temps, ne rapporte guère d'argent, n'ouvre pas les portes des Académies, et ne procure point de places lucratives. On répète souvent l'aphorisme célèbre : *Vita brevis, ars longa;* traduisons librement : La vie est courte, donc il faut jouir vite. L'art est long, donc il ne faut pas trop user ses forces à l'apprendre. Un tel aveu serait plus loyal que cette triste manie de dénigrer ce qu'on ignore et ce qu'on ne veut pas apprendre. Je compare toujours les contempteurs de l'érudition à ceux de nos Français qui, pour se dispenser d'étudier les Allemands, les accusent à tout propos d'être nuageux et rêveurs, pourquoi pas diaphanes? Reproches injustes, accusations puériles, quolibets blessants, seraient sans gravité si, à force de bourdonner à vos oreilles, ils ne laissaient dans vos jeunes esprits une empreinte fâcheuse, et ne vous conduisaient à des conclusions regrettables. Qui aime bien châtie bien; j'aime la jeunesse, dont quelques années à peine me séparent, permettez-moi donc de vous administrer quelques doses de ce dictame un peu amer qu'on nomme la vérité.

Pour la plupart d'entre vous, la médecine est un art, rien qu'un art qui sert à guérir les malades. C'est un métier qu'on exerce aussitôt qu'on est docteur. L'important est donc d'avoir le diplôme; il s'obtient après les examens passés tant bien que mal : la note *passablement satisfait* n'est pas glorieuse, mais en somme on se contente aisément de l'avoir six fois de suite. Il suffit pour cela de disséquer deux heures par jour pendant dix mois environ; d'aller pendant vingt mois tous les matins à l'hô-

Digitized by Google

pital, et de suivre attentivement ou non la visite des malades; de lire quelques manuels aussi brefs que possible; de suivre quelques cours, dont les uns, très-renommés, vous fournissent la matière de l'examen triturée, insalivée, chymifiée, presque chylifiée, de sorte qu'il ne reste plus qu'à l'absorber et à la rendre; puis vous assistez de près ou de loin à quelques accouchements; enfin vous montez à la bibliothèque, où, en compilant trois ou quatre thèses médiocres, vous en confectionnez une cinquième qui vaut encore moins. Après quoi, vous sortez triomphant de l'épreuve probatoire; vous êtes docteur, c'est-à-dire artiste avec patente. Il y a quelque cent ans, si vos goûts vous avaient portés vers la chirurgie, vous auriez victorieusement accroché à votre boutique les insignes de la barberie : trois beaux bassins de cuivre bien fourbis.

Dans tout ceci, quelle part faites-vous à la science? Aucune. Que vous importe; d'autres, pensez-vous, s'en chargeront bien, ce n'est pas là votre souci. Quelques-uns s'en occupent, cependant, un peu plus tard, mais dans un but qui, j'en ai peur, n'est pas tout à fait désintéressé, puisqu'ils s'en servent comme d'une échelle pour obtenir des grades ou des honneurs. Combien d'entre vous la cultiveront-ils en elle-même et pour elle-même, platoniquement, sans intérêt usuraire, et pour le seul bien de la république (*res publica*)? Hélas! bien peu. Tout est sacrifié à l'utile.

Le serment sublime d'Hippocrate vous enjoint d'honorer vos maîtres. Je reconnais que vous n'y manquez pas. Les dédicaces inscrites sur les premières pages de votre thèse attestent votre gratitude. Vous devez à vos professeurs de faculté ou d'hôpital ce que vous savez de chirurgie, et vous ne le cachez pas. Mais vous oubliez les maîtres de vos maîtres. Si les leçons que vous en recevez aujourd'hui sont brillantes et substantielles, c'est qu'elles sont inspirées par Dupuytren, Boyer et d'autres, et ces derniers où ont-ils puisé? Dans Desault, dans J. L. Petit, dans l'Académie de chirurgie. Avant cela, Ambroise Paré avait retrouvé la chirurgie, que Gui de Chauliac avait naturalisée en France en exprimant la quintessence des Italiens et des Arabes, et ainsi de suite en remontant le cours des siècles jusqu'à Hippocrate.

Cette généalogie des grands hommes, vous l'ignorez; vous avez la vue trop basse pour regarder si loin, et le brouillard des temps antiques ne vous laisse voir que les derniers venus. Quand vous ouvrez un abcès et que vous prescrivez un collyre, vous croyez de bonne foi n'imiter que vos guides du jour, tandis que vous appliquez le fruit de vingt siècles d'études. Vous ignorez qu'il a fallu cent générations, vingt hommes d'élite peut-être, méditant, veillant, mourant à la peine, pour qu'il vous soit donné de remettre *tutò, citò et jucundè*, la tête de l'humérus dans la cavité glénoïde.

Vous n'avez pas toujours été ainsi. Au sortir du collége, quand vous n'étiez pas encore opprimés par l'envie ardente de parvenir et de profiter, vous aviez plus de science. Vous saviez les dates de la prise de Troie, de la bataille de Marathon ou de Pharsale, de la conquête de Rome par les Gaulois nos pères, et du traité de Westphalie; vous connaissiez Romulus et Rémus et tous les Tarquins, Abraham, Jacob et tous les prophètes; vous auriez nommé sans broncher tous les Valois et raconté les faits et gestes de Turenne et de Condé. Quand vous quittez nos bancs, vous ne savez pas seulement quel siècle illustra le grand Hippocrate; vous mettriez volontiers Galien avant Celse; vous feriez vivre Albucasis à la Mecque, en sa qualité d'Arabe; et si l'on vous parlait d'Aétius, vous croiriez qu'il s'agit du vainqueur d'Attila. Il y a certainement ici des Vendéens, des Parisiens et des Francs-Comtois, ils ne sauraient peut-être dire quel pays a vu naître Ambroise Paré, J. L. Petit ou Desault. Vous avez ouï dire qu'Harvey avait découvert la circulation et Pecquet le canal thoracique; mais vous ignorez qui le premier a ouvert la trachée, débridé la hernie, ou lié une artère ouverte; et cependant ces grands bienfaiteurs de l'humanité, songez-y donc, ont sauvé plus d'hommes que n'en ont fait périr un conquérant célèbre ou un grand inquisiteur. La réflexion venue, ne rougirez-vous pas d'une ignorance et d'une ingratitude dont la responsabilité tombe moins sur vous que sur ceux qui l'entretiennent, l'encouragent, ou du moins la tolèrent. N'aurez-vous pas à cœur de connaître les grandes découvertes, les grands hommes, les grandes époques de la médecine, en un mot les titres de noblesse de vos aïeux?

N'allez pas me prendre, messieurs, pour un ennemi de l'art et de la pratique. J'en fais, j'en vis et ne songe point à mépriser cette bonne nourrice; j'ai comme un autre le cœur joyeux si je puis guérir ou consoler un malade. Mais quelle est donc l'origine de cette pratique dont on est si fier? Sont-ce les praticiens qui l'ont fondée? Nullement. Ils ont existé partout et de tout temps, et pour prendre un exemple dans notre beau pays, ils n'ont pas laissé la moindre trace de leur existence avant le XIVe siècle. Les honorables praticiens contemporains de l'homme fossile ont-ils légué leurs noms à la postérité? Et quel profit tire le genre humain de l'expérience acquise, depuis cent siècles peut-être, par ceux qui soignent les Cafres ou les Papous?

L'art chirurgical n'a été créé, n'a prospéré, n'a progressé que par les savants. Tant qu'ils ne pénètrent pas dans un pays, l'art est dans l'enfance. Arrivent-ils, la lumière se fait; disparaissent-ils, les ténèbres renaissent. Ainsi s'expliquent la fondation, la grandeur et la décadence des écoles, les métamorphoses et les pérégrinations de l'art. Comparée à celle des anciens ou à celle des sauvages, notre chirurgie est à coup sûr aussi belle que bienfaisante; mais si nous cessions de produire des savants et des érudits, d'ici à cent ans nos neveux n'auraient plus que des rebouteurs et des dames blanches à leur chevet. Si nous devons marcher en avant, guérir plus de malades et plus vite, c'est que nous serons guidés par des érudits et des savants.

Si vous m'accordez que les livres sont la représenta-

Digitized by Google

tion la plus fidèle de la science et l'indice le moins équivoque de l'existence des savants, je vous démontrerai sans peine, l'histoire en main, que partout et toujours la chirurgie a suivi leur destinée. Faisons donc rapidement ensemble la revue des grands livres, en rappelant le nom mémorable de leurs auteurs et les contrées qui en ont les premières ressenti les bienfaits. En procédant de la sorte, je me trouve dispensé d'abord de vous parler des temps héroïques et demi-fabuleux, d'Esculape, de Chiron, de Machaon et de Podalire, de Patrocle, qui donnait de grands coups de lame et savait les guérir, c'est-à-dire de la chirurgie d'Homère. Je passerai sous silence de même la chirurgie de la Bible, sur laquelle on a beaucoup écrit. J'aimerais mieux m'arrêter sur les précurseurs d'Hippocrate; mais ce que nous en savons se réduit à fort peu de chose, car la tradition est ici noyée dans la fable. Les Asclépiades si célèbres n'étaient peut-être que des charlatans sacrés, plus soucieux d'exploiter l'autel que de fonder la science. On dit que leur expérience et leur pratique étaient consignées sur des tables votives et burinées sur les colonnes de leur temple. On dit encore qu'Hippocrate, fils d'Héraclide, né à Cos 460 avant J. C., après avoir beaucoup voyagé et parcouru l'Asie Mineure, recueillit tous ces documents, et s'enfuit traîtreusement ensuite, chargé de ces trésors opimes: la chose est possible, et quoique le procédé soit d'une délicatesse douteuse, je plaiderai volontiers les circonstances atténuantes en faveur de ce pieux sacrilége. C'est une des rares occasions où vous m'entendrez dire que « la fin justifie les moyens ».

Ce qui est certain, c'est qu'Hippocrate eut des prédécesseurs et qu'il mit largement leur science à profit. Quand vous aurez lu ses œuvres (et je ne parle que de la chirurgie), vous serez convaincu qu'un seul homme, à cette époque, eût été incapable de produire tant de faits, tant d'observations exactes, tant de remarques lumineuses, et surtout de créer avec ses propres forces une méthode aussi parfaite.

Hippocrate fut donc un observateur, un critique, un praticien, et certainement un érudit du premier ordre. C'est à juste titre qu'on l'a nommé le Père de la médecine.

Une fois écrite, l'œuvre d'Hippocrate, bible de la médecine, lui servira de base inébranlable, la guidera à travers les siècles et ne la laissera plus périr.

Voilà marquée, par un livre immortel, la première étape sur le chemin qui conduit jusqu'à nous. Les résultats sont immenses; constatons-les, puisqu'ils se reproduisent presque sous les mêmes formes aux étapes suivantes. La Grèce et l'Asie Mineure, berceaux de la médecine, en conserveront le sceptre pendant longtemps. Là vont naître les grandes doctrines, les grandes disputes, le dogmatisme, le méthodisme, l'empirisme, l'éclectisme ; là prospéreront les écoles célèbres, Cos, Cnide, Pergame, Smyrne, Rhodes, où l'on viendra chercher la doctrine du grand maître. Le phare lumineux rayonne au loin; la science grecque émigre avec les généraux macédoniens. Ptolémée Soter fonde Alexandrie; il encourage les lettrés et les savants; il réunit les livres : ceux-ci appellent les travailleurs. Pendant près de dix siècles, sous cette dynastie bienfaisante, la science fleurit, se fortifie et s'épure; de toutes parts on vient puiser dans le trésor inépuisable d'une bibliothèque de sept cent mille parchemins. Une civilisation intelligente et dépourvue de préjugés permet la dissection. Hérophile crée l'anatomie, Érasistrate le continue.

Le temps marchait. Rome grandissait et se polissait, elle n'avait cependant que des praticiens indignes; quelques médecins grecs s'y rendent et amènent avec eux leur science et leurs livres. Mais ceux-ci étaient en langue grecque, peu lisibles par conséquent pour la plupart des contemporains occupés à guérir les malades. C'est alors que va paraître le second grand livre, d'autant plus précieux pour nous, qu'il renferme et isole en quelques chapitres concis et compactes toute la chirurgie. Est-ce un praticien qui va doter le monde de ce chef-d'œuvre? Pas du tout; c'est un littérateur, un encyclopédiste, un érudit, un critique, car on ne peut refuser aucun de ces titres à Cornelius Celsus, mieux nommé Cicéron des médecins qu'Hippocrate latin, qui vivait et écrivait au temps d'Auguste.

Les Romains voyageaient peu pour s'instruire. Nous leur avons pris ce travers. A coup sûr, Celse ne parcourut pas les pays étrangers : il avait donc une grande bibliothèque, et sut la mettre utilement à contribution. Il traduisit, compulsa, compara, résuma, fit en un mot besogne d'érudit; il composa son encyclopédie médico-chirurgicale avec les œuvres des Grecs et de l'école d'Alexandrie, avec celles encore de quelques chirurgiens qui avaient exercé ou exerçaient à Rome. Il cite Hippocrate et ses disciples, Hérophile, Érasistrate, Proxagoras, Archagatus, Ammonius le lithotomiste, Asclépiade de Bithynie, Mégès, et nombre d'autres.

Telle qu'elle est exposée dans les derniers livres et surtout dans le septième, la chirurgie de Celse est bien supérieure à celle d'Hippocrate : connaissances nouvelles, symptomatologie plus claire, médecine opératoire plus hardie et plus sûre. Le progrès est manifeste.

Je laisse à mon savant ami Broca le soin de vous faire mieux connaître l'œuvre de Celse. Mais je dois constater qu'en dépit de sa grande valeur, elle exerça sur l'avenir de la chirurgie beaucoup moins d'influence qu'elle ne le méritait. A Rome même elle ne laissa pas d'empreinte durable. On était au siècle d'Auguste, c'est-à-dire à la veille d'une décadence complète. La grande ville était pleine de courtisans, d'affranchis et d'esclaves. Il y avait encore des lettrés, des poëtes, des satiriques amers ou légers, des écrivains érotiques, mais point de savants. Les Romains, d'ailleurs, tenaient la médecine en médiocre estime, et l'abandonnaient à des étrangers, à des spécialistes de toute sorte, à des charlatans de tout

Digitized by Google

genre. Celse ne fonda donc point d'école médicale romaine, et il est à remarquer que la ville éternelle resta presque toujours étrangère aux agitations de la vie scientifique, qui, dans les siècles ultérieurs, se manifesta avec tant d'énergie en diverses régions de la Péninsule. Cependant comme l'éclat de Rome ne faisait encore que pâlir au commencement de notre ère, une foule de médecins vinrent s'y établir, partis presque tous d'Alexandrie, de Grèce ou d'Asie Mineure. Le plus illustre d'entre eux, Claude Galien, de Pergame, fut du nombre; il vécut longtemps dans la cité impériale et soigna plusieurs empereurs. Je n'ai point à vous faire connaître ses doctrines ni à vous indiquer les innombrables livres qu'il a laissés. Il avait promis, paraît-il, un traité de chirurgie, qui n'a pas vu le jour ou qui a été détruit. C'est donc çà et là, dans le chaos des in-folio, qu'il faut, à l'exemple de Peyrilhe, chercher ce qui est relatif à la pathologie externe. Tout ce que l'on en peut dire, c'est que Galien, fort érudit du reste, a connu ce qu'avaient fait ses prédécesseurs, mais n'y a pas ajouté grand'chose. Ce que Celse avait condensé, Galien l'a dispersé et noyé dans un fatras insupportable de raisonnements, d'hypothèses et de recettes pharmaceutiques. Il eût été préférable, sans contredit, qu'il passât la chirurgie tout à fait sous silence ou qu'il se contentât de copier Celse et même Hippocrate, car les écrivains des siècles suivants ne surent pas même prendre dans ce mélange indigeste ce qui était bon, vrai, simple, utile. Ils copièrent et commentèrent le tout, adoptant même avec prédilection toutes les billevesées de l'humorisme et toute cette pharmacopée sous le poids desquelles les vraies doctrines et la vraie thérapeutique chirurgicales ne tardèrent pas à succomber. Ce que Celse avait fait pour la chirurgie, Galien, il lui faut rendre cette justice, le fit pour l'anatomie et la physiologie. Mais la pratique des dissections, si indispensable à notre art, fut bientôt proscrite par les préjugés religieux; et comme l'œuvre de l'auteur romain était presque oubliée, l'immense compendium du médecin de Pergame resta seul debout, constituant l'alpha et l'oméga de la science et de l'art.

Ce fut un coup fatal. Toute science qui ne progresse pas rétrograde. La chirurgie de Galien n'était pas supérieure à celle de Celse, donc elle était moins bonne pour l'avenir, donc la pratique devait s'en ressentir.

Nous entrons maintenant dans une longue période, obscure, confuse, qu'on peut considérer comme l'agonie lente de la chirurgie grecque. Le centre de la civilisation va bientôt se déplacer. Rome déchoit, Constantinople la remplace. Les lettrés, les savants, fuyant l'approche menaçante des barbares, émigrent vers le Bosphore. A la vérité, le foyer de la lumière existait toujours: Alexandrie formait les hommes et les distribuait à la capitale déchue et à la capitale nouvelle. L'histoire a conservé le nom d'une série de grands chirurgiens qui exercèrent, soit à Rome, soit à Constantinople. Nous savons même qu'ils ont écrit; mais leurs livres ne sont point arrivés jusqu'à nous, si ce n'est par lambeaux assez remarquables pour nous faire regretter leur perte irréparable. Tels sont, entre autres, Rufus, Soranus, Héliodore, Philagrius, Léonides, et le plus illustre de tous, Antyllus, dont nous ignorons jusqu'à la patrie. L'héritage de ces maîtres serait perdu pour nous, si par bonheur des savants plus obscurs, que l'on qualifie assez dédaigneusement de compilateurs, n'avaient réuni les fragments épars de leurs œuvres. Les derniers chirurgiens grecs, à la vérité, ne brillèrent ni par leur initiative, ni par leur originalité; c'est avec des ciseaux qu'ils composèrent leurs livres, et cependant nous leur devons respect et reconnaissance. Oribase, Aétius, Paul d'Égine, ne furent que des compilateurs, mais n'oublions pas qu'ils ont sauvé les épaves de la chirurgie antique au milieu du naufrage de la civilisation.

Ceci nous mène jusqu'au VIIe siècle. Le colosse romain était mort par l'âme et par le corps. Arts, lettres, sciences, l'avaient abandonné; les copistes et les compilateurs ne pouvaient le ressusciter, pas même le galvaniser. La Grèce et l'Asie Mineure étaient éteintes depuis longtemps. A Constantinople, on lisait, on travaillait peut-être encore, mais on n'écrivait guère, ou du moins on ne cultivait point la science médicale. Alexandrie seule était encore debout; une terrible catastrophe allait l'anéantir à son tour. Les Arabes la prennent en 641; ils dispersent les savants et brûlent la bibliothèque, assumant ainsi sur eux la responsabilité d'un forfait impardonnable. L'incendie avait en un instant tari les sources de la science et les épargnes précieuses de dix siècles de gloire.

Cependant tout ne fut pas perdu, quelques livres furent sauvés. Par qui? On n'en sait rien: par des pillards sans doute. Honneur à eux, qui pendant le tumulte dérobèrent quelques graines avec lesquelles ils ensemencèrent plus tard et de nouveau le champ de la science. Toujours est-il que la lumière passa de la main des Grecs à celle des Arabes, et ce fut bien pour ces derniers une trouvaille dans le sens littéral du mot, car ils n'avaient eu jusqu'alors aucunes notions scientifiques. L'écriture arabe n'avait été imaginée que peu d'années avant l'hégire. Mahomet ne savait ni lire ni écrire. N'ayant besoin que de soldats fanatiques, il regardait la science d'un mauvais œil, comme beaucoup de conquérants; il décrétait la peine de mort contre quiconque aurait osé se livrer aux arts libéraux, ce qui n'était point encourageant.

Mais le feu couvait sous la cendre; voici comment il parvint à se ranimer. Aaron, médecin d'Alexandrie, avait, quelques années avant le sac de la ville, rédigé les *Pandectes*, vaste compilation des Grecs et de Galien surtout, composée d'ailleurs d'extraits et de fragments, suivant la coutume du temps; il écrivait en syriaque. Un juif de Bassora, Maserjavaich, traduisit les *Pandectes* en arabe vers 685. Plus tard Honain fit de même pour Hippocrate, Galien et Paul d'Égine.

Digitized by Google

Ce que je disais plus haut des compilateurs, je dois le répéter des traducteurs, ils sauvèrent la science.

Vous vous représentez sans peine l'éblouissement dont furent saisis les Arabes, race barbare, mais intelligente, quand ils se trouvèrent face à face avec les merveilleuses productions de l'esprit grec. Pour la première fois ils avaient des livres ; ils les lurent, les commentèrent, cherchant à les comprendre et à les interpréter, sans songer à les perfectionner. A la période d'étonnement et d'admiration succède la période d'imitation. Les Arabes se mirent donc en devoir d'écrire à leur tour; Rhazès compose son *Continens*, Avicenne son *Canon*, et voilà les livres qui désormais vont faire autorité : triste ressource pour le présent et pour l'avenir, tout cela est faible, lourd, fastidieux, terriblement prolixe. A peine d'originalité, on ajoute quelques maladies nouvelles que les Grecs ne connaissaient point, puis quelques drogues ou aromates tirés de l'Orient grossissent la matière médicale. Les Arabes avaient pour la chimie un goût particulier, ils sont séduits par la pharmacopée galénique sur laquelle ils renchérissent encore. La chirurgie tombe au plus bas. La religion défendait les dissections, par conséquent nulle anatomie, puis la pruderie était poussée si loin, qu'il était interdit aux hommes de se mêler d'accouchements, et de porter le regard ou la main sur les organes génitaux de la femme.

Soit timidité, soit ignorance, il n'y a plus de médecine opératoire, mais seulement un déluge d'onguents, d'emplâtres et de collyres administrés par une armée de spécialistes; telle fut la chirurgie arabe et je ne la calomnie pas puisque j'emprunte cette critique amère au seul qui chercha à réagir contre la décadence, à Albucasis lui-même. Cependant un grand livre allait voir le jour; je dis grand, à cause de l'époque plus qu'en raison de sa valeur intrinsèque. Toujours est-il que depuis Paul d'Égine c'était le premier traité complet : il fut écrit vers le commencement du XII^e siècle, et marqua le retour de la chirurgie en Europe.

J'ai dit qu'après la conquête de l'Égypte, les Arabes avaient pris goût à la science. Entravée d'abord par les successeurs immédiats du Prophète, cette culture fut favorisée plus tard par les Abbassides, parmi lesquels il faut citer Almansor, Haroun al Reschid, et surtout Al-Mamoun. Bagdad remplaça quelque temps Alexandrie; c'est là que brillèrent Rhazès et Avicenne. Mais la conquête militaire continuait, les Arabes franchirent la Méditerranée et vinrent s'abattre sur l'Espagne ; après maintes batailles, ils conservèrent la possession tranquille du sud de l'Ibérie, et y transportèrent les douceurs d'une civilisation inconnue jusqu'alors; des écoles célèbres furent fondées à Séville, à Tolède et surtout à Cordoue, qui posséda bientôt une bibliothèque riche, dit-on, de deux cent quarante mille volumes. Les livres, je l'ai dit, enfantent les savants. Albucasis, né près de Cordoue, étudia dans cette ville et s'y fixa. Rougissant de l'infimité de son art, il s'instruisit et devint auteur; érudit, compilateur, copiste si l'on veut, Albucasis n'en fut pas moins un écrivain original dont le livre exerça sur la chirurgie l'influence la plus décisive. Il était temps qu'il parût, car la chute de la domination arabe s'approchait et nul ne continua l'œuvre. Ce n'est point l'Espagne qui en profita; toute très-chrétienne qu'elle était, barbare avant l'invasion des Maures, barbare elle resta après les avoir chassés. Mais l'importation européenne était accomplie et d'autres pays allaient bientôt recueillir la lumière.

Une infortune heureuse avait déjà préparé le résultat. Avant l'apparition et la splendeur d'Albucasis, un certain Constantin, natif de Carthage, et pour cela surnommé l'Africain, tout comme Scipion, fut pris vers la moitié du XI^e siècle du désir de s'instruire. Il parcourut l'Arabie, la Chaldée, la Perse, l'Inde et l'Égypte; partout où il trouva des livres, il les copia, puis il revint dans sa patrie. Il était fort savant, donc il fut persécuté et forcé de prendre la fuite; il se réfugia en Italie, à Salerne. Un aventurier qui y régnait, Robert Guiscard, accueillit le proscrit : c'est son plus beau titre de gloire. La vie de cour convenait mal au savant qui se fit bénédictin pour avoir le repos ; là, dans le silence, il mit en ordre ses copies qui étaient en nombre prodigieux et les traduisit de l'arabe en latin. Salerne eut l'héritage de ce trésor. Riche de livres, elle devint riche de gloire, et c'est de cette époque que date sa célébrité, en admettant, ce qui est contestable, que l'école qui porte ce nom fut fondée avant l'arrivée du voyageur.

Et c'est ainsi que, grâce à un copiste, compilateur et traducteur, la science fit son entrée en Italie.

Quelques lustres plus tard, un homme parti du Nord entreprit et mena à bien pareille aventure. Gérard de Crémone, c'est son nom, avait lu tous les ouvrages latins qu'il avait trouvés dans son pays. Un livre lui manquait qui nous importe peu; il part pour Tolède, espérant l'y trouver. Il ne savait pas l'arabe, il l'apprend; une fois plongé dans la bibliothèque, il est ébloui et se met à copier et à traduire les Arabes; il copie, il traduit sans cesse, et après de longues années revient chargé d'un immense butin, parmi lequel la chirurgie d'Albucasis. Il lègue à un couvent ses manuscrits; l'école de Bologne y fouille à pleines mains.

Voici comment la science changea de langue et de patrie. Les écoles de Salerne et de Bologne ont des livres, ces livres sont en latin, tout l'Occident va bientôt accourir. En effet, Bagdad était trop loin, Constantinople, Cordoue, Séville et Tolède aussi. Les Turcs tourmentaient les chrétiens sur le Bosphore, les chrétiens tourmentaient les Maures en Espagne, il était périlleux d'aller chercher la science écrite d'ailleurs dans un idiome étranger, c'est pourquoi, sans doute, nous étions encore aussi barbares que les Arabes au VII^e siècle.

Le tableau change subitement. Les chirurgiens surgissent : au midi, Roger et Roland ; au nord, Hugues de Lucques, Brunus le grand érudit de son temps, Théo-

Digitized by Google

doric, et le plus illustre de tous, Guillaume de Salicet. C'est Albucasis qu'ils suivent le plus. Le nom d'arabistes leur est donné, parce qu'ils s'inspirèrent surtout de la source où ils avaient puisé; mais ils connurent les Grecs Hippocrate, Galien et Paul d'Égine. Les écoles italiennes remplissent le XIIIe siècle tout entier, c'est vers la fin que la chirurgie passa les Alpes et enfin pénétra chez nous.

Une pointe fut poussée vers Paris. Lanfranc, chassé de Milan par la guerre civile, y arrive et inaugure un enseignement plein d'éclat; il était fort érudit et possédait beaucoup de livres, il fut bien accueilli et peu s'en fallut qu'il n'installât la chirurgie dans la cité hospitalière. Depuis longtemps d'ailleurs les proscrits italiens y avaient trouvé refuge. Malheureusement pour eux et pour leur patrie adoptive, ils furent, paraît-il, une cause de trouble et de scandale, à cause de leurs querelles, ce qui fut cause qu'au retour d'une croisade J. Pitard proposa à saint Louis, son maître, certaines mesures qui engagèrent les Lombards à quitter Paris. Quoi qu'il en soit, Lanfranc y était seul en 1295, et c'est là qu'il mit au jour sa *Grande chirurgie*. Mais le terrain n'était pas préparé et le passage du chirurgien de Milan ne laissa pas de traces. Il n'eut qu'un continuateur, Henri de Mondeville, et point d'émule : car je ne compte pas comme tel ce fameux Jean Pitard dont l'histoire bénévole a sauvé le nom de l'oubli, on ne sait pas en vérité pourquoi. L'horreur de l'anatomie, la bégueulerie des médecins d'alors, tous clercs et pudiques à la manière des Arabes; un fameux axiome : *Ecclesia a sanguine abhorret*, à laquelle l'Église donnait plus d'un démenti quand il ne s'agissait pas de guérir les hommes, enfin la jalousie mesquine et la vanité des docteurs, tout conspira pour faire avorter l'essai de Lanfranc.

Ajoutons la pénurie des livres. La Faculté, sans doute, n'en avait guère au commencement du XIVe siècle, à en juger par l'indigence constatée cent cinquante ans plus tard. A cette époque, la bibliothèque médicale de l'école se composait d'un seul livre et c'était un Rhazès; on y tenait et pour cause. Le roi Louis XI prit un jour fantaisie de meubler aussi sa bibliothèque : il demanda à emprunter le précieux exemplaire pour le faire copier; grand émoi des docteurs auxquels le royal personnage n'inspirait qu'une confiance modérée. On négocia et le livre fut prêté, mais contre gage équivalent; un bourgeois de Paris fit l'affaire, il déposa en garantie des écus d'or et de la vaisselle d'argent. Au bout d'un an, chacun rentra dans son bien, la Faculté reprit son Rhazès et le roi son auguste vaisselle. A l'autre extrémité de la France, Montpellier était beaucoup mieux partagé sous le rapport des livres. Aussi son école était-elle déjà florissante au commencement du XIVe siècle. Comme autrefois à Salerne, on y cultivait surtout la médecine interne, mais pour avoir attendu son tour la chirurgie n'y devait rien perdre. Gui de Chauliac venait de naître, c'est en dire assez.

C'était un clerc fort instruit par la lecture et qui possédait sans doute à lui seul plus de livres de chirurgie que tous les opérateurs de France réunis. Il sut les mettre à profit tout en se livrant à une pratique très-active et dota son école et sa patrie d'un traité complet écrit peut-être en latin tout d'abord, mais presque aussitôt traduit en languedocien et en français. En français, vous entendez bien, dans une langue accessible à tous et par conséquent utile à tous, même aux barbiers ignorants et illettrés. Les services rendus par la *Grande chirurgie* furent immenses; par elle commença pour la France une ère de splendeur, c'est donc justice que la postérité ait décerné à Gui de Chauliac le titre de *père de la chirurgie française*. Vous entendrez bientôt mon savant ami Follin sur ce sujet, je ne m'y étends pas davantage; mais comme j'examine ici les livres comme agents du progrès, je dois vous informer de ce qu'il advint de la *Grande chirurgie* : elle remplaça d'abord toutes ses aînées et ce fut fort bien fait; elle pénétra partout et vulgarisa la science comme aucune œuvre didactique ne l'avait fait jusqu'alors. Mais la paresse des hommes était grande, on trouva trop volumineux un livre qu'il suffirait aisément de trois mois pour connaître à fond. Quelques marauds s'avisèrent d'en faire des extraits, c'est ce que nous appellerions aujourd'hui des manuels; ils alléguaient, comme on fait encore de nos jours, l'intérêt pratique; ils coupèrent, rognèrent, contractèrent et composèrent une foule de petits bouquins à bon marché, dont le titre était un méchant jeu d'esprit. Ainsi parurent toutes sortes de *Guidons des chirurgies*, de *Fleurs du guidon*, etc., qui ne valent pas le papier, fort cher à cette époque, qu'on employa pour les transcrire ou les imprimer.

Livres abrégés, science châtrée, pratique estropiée, c'est tout un même terme. L'histoire de la bibliographie l'a démontré de tout temps.

Paris ne profita guère du grand progrès réalisé, on y était trop occupé des grandes querelles intervenues entre l'Université et la Faculté, entre celle-ci et les chirurgiens, entre ces derniers et les barbiers. Nous avons encore cent ans d'ignorance à traverser. Cependant le le XVe siècle avait commencé et marchait; à chaque lustre, pour ainsi dire, il enfantait des découvertes insignes. Jamais le hasard ou les efforts de l'intelligence humaine n'avaient, en si peu de temps, produit tant de prodiges. Les projectiles lancés par la poudre à canon changeaient radicalement la face de la chirurgie d'armée; la vérole sévissait sur l'Occident et créait des observateurs, les livres anciens étant muets sur ce fléau; puis la découverte de l'Amérique; puis la prise de Constantinople, qui refoulait en Europe les Grecs et les Juifs avec leur érudition et leurs livres, avec ces originaux latins et grecs que l'Occident ne connaissait guère que défigurés et obscurcis par les compilateurs, les commentateurs, les copistes, les traducteurs arabes; enfin c'était l'imprimerie, cette force incalculable, ce levier sans pareil qui allait multi-

Digitized by Google

plier les livres à l'infini et centupler les ressorts de l'esprit. Ce fut un vertige immense, un éblouissement sans pareil, en tout cas un bouleversement complet de la vieille science, bien nue, bien dénuée en face du génie antique. Pendant longtemps l'époque appartint aux éditeurs, aux imprimeurs, aux traducteurs, hommes dont on ne doit prononcer le nom qu'avec respect.

On imprima tout, le bon et le mauvais, le médiocre et l'absurde; d'abord la philosophie, puis la médecine, beaucoup moins de chirurgie, elle n'intéressait guère les lettrés, et les clercs ne s'en souciaient guère. Cependant l'enthousiasme ne préserve pas les hommes de la maladie, et les praticiens sont toujours de saison. Les docteurs de Faculté avaient autre chose à faire; les chirurgiens, toujours illettrés, ne pouvaient profiter des richesses nouvelles; ils n'avaient que les guidons que j'ai déjà jugés, et qui ne suffisaient plus; ils se mirent à observer directement et à inventer au profit de la science future. C'est une chose remarquable qu'aux grandes époques d'effervescence cérébrale, le génie éclôt de toute part, sans distinction de rang, de classe ou de métier. C'est comme une génération spontanée, une épidémie d'idées généreuses et utiles.

Avec les faibles ressources d'une instruction rudimentaire, les empiriques, les rebouteurs, les praticiens ambulants, les barbiers, font merveille. Ils entreprennent des opérations hardies, attaquent témérairement tous les maux et retrouvent la vraie chirurgie ignorée des savants en *us*. Il faudrait toute une leçon pour vous peindre ce mouvement et cette époque sans égale, et je ne puis que fixer sur elle votre attention; qu'il me suffise de dire que c'est la seconde moitié du XVIe siècle qui fournit à la France seule : Franco, Thierry de Héry et l'immortel Ambroise Paré.

En attendant qu'une ou plusieurs de nos conférences vous fassent connaître ce grand homme, je ne puis que vous engager vivement à lire l'introduction que notre Malgaigne a placée en tête de la dernière édition des *Œuvres complètes;* je puis dire sans craindre un démenti que jamais pareil morceau d'histoire n'a été écrit dans notre science. Je désire qu'aucun de vous ne me croie sur parole, et qu'il préfère s'en assurer lui-même.

L'enthousiasme que je veux vous inspirer pour l'œuvre de Paré ne doit pas vous rendre ingrats pour les érudits d'alors, si rares qu'ils aient été dans la partie chirurgicale de la médecine. Citons avec honneur Tagault, le dernier commentateur de Gui de Chauliac et Dalechamps, qui mit en français la chirurgie de Paul d'Égine, en l'annotant à l'aide de tous les chirurgiens de l'antiquité et du moyen âge. Ces travaux ne furent pas sans influence, et l'étude des diverses éditions de Paré prouve que le grand maître n'a pas dédaigné de les mettre à contribution.

Plus heureux que Gui de Chauliac, Ambroise eut des continuateurs : Pigray, Guillemeau et bien d'autres. Il est vraiment l'aïeul de la chirurgie moderne.

Après les prodiges du XVe et du XVIe siècle, l'esprit humain aurait pu se reposer; il n'en fut rien. Le XVIIe nous ménageait d'autres surprises, d'autres émerveillements; une révolution philosophique radicale s'accomplit, réaction en quelque sorte nécessaire contre le principe d'autorité, que les siècles antérieurs avaient trop fortement consolidé. Descartes arrive; il propose nettement de faire table rase du passé, et d'user enfin du cerveau qu'on possède comme les anciens le possédaient, et du raisonnement qui en émane.

L'insuffisance des dogmes du passé était d'ailleurs trop évidente pour interpréter et classer même les découvertes innombrables que chaque jour apportait. La physique s'éclairait de jour en jour; l'anatomie et la physiologie étaient transformées; on avait découvert la circulation, les lymphatiques, je dirais presque le système nerveux. L'astre d'Hippocrate et de Galien pâlissait singulièrement en face de ces lumineuses nouveautés.

De même en chirurgie. Ambroise Paré avait respecté l'autorité des anciens, et s'était incliné devant elle; lui-même il était devenu l'autorité sans partage, présage assuré d'une décadence prochaine. Son anatomie était médiocre, sa physiologie pire encore; il n'avait nulle notion de l'intervention des forces physiques et chimiques dans notre organisme; il faisait preuve, en maint endroit, d'une crédulité incroyable à l'égard de faits notoirement absurdes; sa chirurgie était faible sur tous les points qu'il n'avait pas profondément médités par lui-même. Enfin l'esprit de critique faisait défaut dans son œuvre, par cette excellente raison qu'il n'existait pas dans le sens que nous lui accordons.

Je n'ai pas besoin de vous apprendre que la philosophie cartésienne procédait autrement; elle avait sapé vigoureusement toutes les infaillibilités du passé. Le canon d'Ambroise Paré fut entraîné dans la débâcle.

Verduc ouvrit le feu contre les anciens. Il était jeune, ardent, parfois amer; il embrassa chaudement la réforme, déclara ridicule, ou du moins inutile, la science antérieure, et annonça l'avénement de la vraie doctrine: son livre, malgré ses exagérations et ses besoins, est très-intéressant, à coup sûr très-curieux à lire.

Il est le précurseur de J. L. Petit, qui met au service de la chirurgie un génie d'observation remarquable et un bon sens tout à fait hors ligne. C'était un anatomiste accompli, élève favori de Littre, un opérateur rompu à la manœuvre, un esprit clair, net, précis, Parisien plus la persévérance, Français moins l'emportement et la fantaisie. Au reste, travailleur infatigable, praticien consommé, ayant beaucoup vu, beaucoup fait, et passablement lu; d'ailleurs les livres à ce moment n'étaient pas rares, même écrits en langage vulgaire. C'est avec ces éléments qu'il écrivit une série de mémoires qui, sans ordre apparent, n'en comprend pas moins le cercle presque total de la chirurgie; réunis, ces travaux formèrent un livre d'une originalité profonde, d'un attrait indicible, qui ne ressemble à aucun

Digitized by Google

de ceux qui l'ont précédé, et dont je ne saurais trop, à tous égards, vous recommander la lecture attentive. Je puis vous assurer, d'ailleurs, que vous n'éprouverez jamais une minute d'ennui, et que vous tournerez avidement les pages. Plus d'une fois, le sourire vous viendra sur les lèvres, provoqué, non par le ridicule, mais par la plus charmante naïveté, et l'esprit le plus fin, le plus simple qui se puisse imaginer. Vous ferez bon marché des imperfections inhérentes à l'époque, et vous trouverez plus d'un principe, plus d'une règle de conduite, dont *hic et nunc* vous pourrez vous servir.

J. L. Petit n'était pas érudit : lancé de bonne heure dans la pratique, il n'avait pas eu le loisir d'étudier les anciens ; on le lui reprocha assez durement, et lui-même constata ce défaut à sa cuirasse. A quarante ans, dans l'éclat de sa gloire, il prit sur ses loisirs pour apprendre le latin. Ce fait n'a pas besoin de commentaire : c'est l'éloge le plus éloquent qu'on puisse faire de l'érudition. Un tel maître, à cet âge, se faisant écolier, quel triomphe pour la science des livres !

Depuis le réveil des sciences, au sortir du sombre moyen âge, le progrès n'a marché que par secousses, par une succession alternante d'action et de réaction. Le commencement du XVIIIe siècle inaugure deux tendances bien marquées, un retour sérieux vers l'érudition, et la création de cette critique savante et juste qui sert la science, autant en l'épurant qu'en lui apportant de nouvelles richesses.

Le nombre des productions du siècle précédent était énorme : Anatomie normale, pathologique, humaine et comparée ; physiologie ; sciences physiques et chimiques ; médecine, chirurgie, thérapeutique ; livres dogmatiques, traités complets, monographies ; éphémérides, journaux et gazettes ; recueils d'observations originales ou compilées, travaux académiques venant de tous les points de l'Europe, écrits en latin, souvent en langues vulgaires. C'était un océan ; c'eût été un chaos, si l'on n'eût tenté d'en faire au moins l'inventaire. Pour cela, il fallait de patients érudits.

La philosophie cartésienne était tombée d'ailleurs dans des erreurs sans nombre ; les hommes de bon sens trouvaient avec raison qu'elle avait trop envahi la science médicale, qu'elle y avait introduit trop de physique, trop de chimie, trop de tubes, trop de pores, trop d'atomes crochus, trop d'acides et trop d'alcalis, et par-dessus tout trop d'hypothèses et de raisonnements, pas assez d'observations et de sens commun. La philosophie peut servir de guide dans les sciences naturelles mais non de maître. On se décida à débarrasser encore une fois la médecine, science et art, de ce dangereux patronage et à l'étudier à part. L'école du raisonnement avait créé la critique et proclamé l'indépendance de l'esprit, on tourna contre elle ces armes précieuses.

Puis les chirurgiens, honteux de leur infériorité, voulurent s'affranchir par l'instruction. Ils apprirent le grec et le latin, et presque tous, vers le premier tiers du siècle, préludèrent aux études techniques par de solides humanités. Les docteurs poussèrent quelques clameurs pour soutenir leurs priviléges vermoulus, mais ce fut en vain. D'ailleurs, depuis quelque temps, l'enseignement s'était modifié. Au lieu de lire en chaire quelques fragments d'ouvrages caducs, souvent écrits en latin, les chirurgiens, investis du titre honorable de démonstrateurs royaux, firent des cours véritables, scientifiques et pratiques, tirés de leur propre fonds et de leur expérience individuelle. En 1724, cinq chaires nouvelles furent créées. Les choses en étaient là, lorsque Lapeyronie, qui avait l'oreille du roi et qui la méritait plus que personne par l'élévation de son caractère et la solidité de son instruction, fit décréter solennellement la création de l'Académie royale de chirurgie. 1731 est une date mémorable dans nos annales ; efforcez-vous, messieurs, de la graver dans votre esprit.

Je n'énumérerai point les services inappréciables rendus à la science et à l'art par cette compagnie célèbre. Si des panégyristes maladroits l'ont trop louée, gardez-vous de tomber dans l'excès contraire, vous commettriez la plus fâcheuse injustice. Tenez pour certain que le dernier mot n'a pas été dit, mais n'oubliez pas que l'Académie fut la première réunion homogène composée d'égaux poursuivant le même but, et associant leur activité, leurs aptitudes, jusqu'à leurs qualités contraires, pour atteindre la plus haute expression du travail collectif. Au reste, l'Europe savante ne s'y trompa pas, et il serait puéril de supposer que par inadvertance, complaisance ou faiblesse, elle se soit laissé dicter des lois, trente années durant, par un cénacle indigne.

La fin, il est vrai, n'a pas égalé le commencement, et le déclin a été rapide. Mais les motifs de cette dissolution précoce sont connus. Aussi ne doit-on pas s'étonner que la tourmente révolutionnaire, pour employer l'expression consacrée, ait balayé ce grand corps dont l'âme s'était retirée.

Pour en revenir à l'idée générale que j'expose devant vous et pour prouver le cas que l'Académie faisait de la science bibliographique, lisez la préface placée par Quesnay en tête du premier volume des *Mémoires ;* lisez encore les monographies non surpassées d'Hévin sur les corps étrangers de l'œsophage, sur l'extirpation des ovaires, sur la gastrotomie ; lisez aussi les nombreux travaux d'Antoine Louis, dont quelques-uns pourraient sans déshonneur être signés par les plus scrupuleux de nos maîtres modernes.

En jugeant l'Académie de chirurgie, on n'a pas suffisamment remarqué les services qu'elle a rendus à l'histoire et l'impartialité dont elle a fait preuve vis-à-vis des anciens et des contemporains étrangers. Cette tendance non douteuse a été pour beaucoup, soyez-en sûrs, dans le prestige dont l'opinion publique l'a si longtemps entourée et dans les regrets provoqués par sa chute pourtant si méritée. C'est le propre des grands services rendus et des grands devoirs remplis d'assurer à leurs

Digitized by Google

auteurs une considération qui survit à leurs œuvres.

Les érudits français fils de l'Académie de chirurgie sont nombreux. Sans doute vous connaissez, au moins de nom, Quesnay, Hévin, Dujardin et Peyrilhe, Sabatier, etc., qui sont les principaux. Mais celui qui les dépassa tous sans contredit fut Antoine Louis, l'illustre secrétaire de la Compagnie, celui qui fut son âme, son souffle, son guide, son soutien, autant que peut l'être un seul homme dans une réunion nombreuse d'émules, de rivaux, d'amis et d'adversaires.

Pour me justifier de donner ici la première place à ce grand homme, il faut que je vous dise comment je comprends l'érudition. Elle ne consiste pas, comme vous le pourriez croire, dans la simple connaissance des livres et des éditions, dans la recherche et la compilation des textes anciens, dans la familiarité avec les langues mortes ou vivantes : elle exige tout cela et plus encore. L'érudit doit savoir, mais aussi juger et discerner; il doit être doublé d'un critique. Pour juger, il faut avoir agi : la contemplation et la méditation des livres, si prolongées qu'elles soient, seraient impuissantes; puis, quand on a jugé, il faut motiver son verdict, en autres termes démontrer la vérité.

C'est pourquoi je dis que l'érudition consiste à *compiler pour prouver quelque chose*. Elle a pour moyens la *lecture*, l'*action*, le *jugement*. Son but est de *chercher la vérité pour la dire*. Tel doit être un érudit modèle, sans compter les qualités d'ordre moral : ténacité, perspicacité, pénétration, désintéressement, patience, courage, impartialité, oubli des injures, culte exclusif du vrai et du juste. Ne vous étonnez plus si les vrais érudits sont si rares.

Antoine Louis réalisa-t-il le type merveilleux que je viens d'esquisser à grands traits? Non, sans doute; mais il en approcha beaucoup. Pour juger les grands hommes et comprendre leurs imperfections, il faut les voir dans leur milieu, à leur époque, en lutte avec les obstacles de la vie, avec les jalousies, les haines du moment. Alors on devient plus indulgent pour les fautes, plus reconnaissant pour les mérites. Si vous songiez à amoindrir mon héros, lisez d'un bout à l'autre le livre écrit avec chaleur par M. Frédéric Dubois en même temps que les travaux scientifiques d'Antoine Louis.

Vous y trouverez l'homme intègre, sans autre ambition que celle de la gloire, esprit critique très-distingué, sans peur et sans reproche, d'une fermeté indomptable, un peu chagrin sur ses vieux jours, un peu âpre, un peu vaniteux, mais juste et véridique; anatomiste, physiologiste, suffisamment praticien, ayant exercé à l'armée, en ville, dans les hôpitaux civils, possédant une érudition vaste et de bon aloi; écrivain élégant, sobre, correct, sachant habiller avec art la vérité trop nue, mais sans dissimuler ses formes. Vous verrez qu'il a perfectionné la médecine opératoire, créé pour ainsi dire la chirurgie légale, et qu'il a fait de l'érudition une méthode nouvelle concourant au progrès sur la même ligne que l'observation et l'expérimentation. Vous remarquerez surtout dans ses premiers écrits le suprême dédain qu'il affecte pour la somme de bien ou de mal que sa plume lui vaudra. On décriait sourdement J. L. Petit. Louis, âgé de vingt-sept ans, fait son éloge dans des termes chaleureux. La Faculté dénigrait et attaquait les chirurgiens. Il prend aussitôt leur défense et plaide vertement, *pro domo sua*. Des charlatans prétendaient administrer le mercure d'une manière souveraine. Louis saisit la plume, et, dans un mémoire sur le traitement des maladies vénériennes, il réduit à néant ces prétentions intéressées.

L'heure m'avertit : je dois m'arrêter. J'ai mis l'œuvre collective de l'Académie de chirurgie au même rang que les plus grands livres. On en retrouve l'écho fidèle dans l'ouvrage de Boyer que vous avez tous entre les mains. La science française, fière des lauriers du XVIIIe siècle, eut le tort de croire qu'elle pouvait se reposer. L'art seul fut cultivé par Desault, Dupuytren, Richerand, Lisfranc et d'autres. Ils ont rendu des services incontestables, mais ils ont rompu l'unité. Aussi les Anglais, les Américains, les Italiens, nous égalent en pratique; ils citent avec orgueil Astley Cooper, Scarpa, Valentine Mott. Les Allemands ont ramassé la branche tombée de notre faisceau. Prenez garde, ils vont nous dépasser. A nos rares érudits, Dezeimeris, Daremberg et Malgaigne, ils opposent une phalange compacte d'hommes laborieux, de bénédictins laïques. *Caveant consules!* Nous sommes quelques-uns qui voulons réagir, je le dis parce que je ne suis pas seul; ces conférences sont l'expression de notre désir, de notre foi, de nos espérances. Que ceux d'entre vous qui voudraient nous aider se présentent, ils seront les bien-venus. Peut-être sur ces bancs sont assis, à cette heure, plusieurs érudits futurs. Mais, à défaut des types parfaits, rappelez-vous qu'il y a de la place pour tout le monde. Que celui-ci traduise, que celui-là compile, que le troisième soit copiste, ou critique, ou commentateur, peu importe; apportez votre vendange et versez-la dans le vaste pressoir : rien ne sera perdu, et les grands hommes ne manqueront pas dans l'avenir pour soutirer l'esprit.

A. VERNEUIL.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

### XXII.

**Physiologie du bulbe rachidien. — Nœud vital.**

Le bulbe rachidien est l'organe central de la respiration, et de tous les phénomènes qui se rattachent au

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et les nos 7, 8, 13 et 16 de la seconde.

Digitized by Google

mécanisme respiratoire, comme le cri, l'éternument, la toux, le bâillement. Tous ces mouvements complexes exigeaient le concours d'un grand nombre d'agents nerveux et musculaires. Ce sont là des mouvements coordonnés que vous ne vous étonnerez pas de voir conspirer ainsi vers un but déterminé, lorsque nous avons vu des faits analogues et plus suprenants encore dans la moelle épinière elle-même.

Le bulbe est encore l'organe central des mouvements d'expression. Les mouvements d'expression sont, de leur nature, des mouvements automatiques, sur lesquels la volonté humaine a une certaine influence, mais qu'il faut examiner en dehors de cette influence, si l'on veut s'en faire une idée bien nette. Les mouvements de la face qui éclatent par l'excitation d'une émotion, par l'excitation de nos passions, sont provoqués par une excitation centrifuge, mais ils sont coordonnés dans le bulbe. C'est là que s'associent ces mouvements, c'est du bulbe que dépend la synergie des agents musculaires de ces mouvements.

C'est aussi dans le bulbe que se groupent et s'enchaînent les mouvements expressifs de la face ou des autres parties du corps, qui accompagnent chez l'homme la parole, qui est la manifestation expressive la plus achevée.

Dans la parole, il y a à considérer l'excitation motrice volontaire, sans parler des causes qui provoquent cette excitation, et le mécanisme sur lequel elle agit. Il est certain qu'il s'agit encore ici d'un mécanisme préétabli au moins pour l'agencement des ressorts principaux. C'est en quelque sorte un instrument complexe dont la volonté peut tirer des sons variés. Eh bien, c'est certainement dans le bulbe qu'est organisé cet instrument.

Mais irai-je vous détailler à loisir tous les artifices de cette merveilleuse combinaison expérimentale? Non; ce serait puéril. Je sais bien que l'on a cherché à décrire ce mécanisme. Des anatomistes du premier mérite, et au premier rang le regrettable Schrœder Van der Kolk, ont indiqué non-seulement les pièces du mécanisme, mais encore leurs moyens d'union, de telle sorte qu'ici encore rien ne serait plus facile que de comprendre toutes les merveilles du phénomène.

On a décrit les moyens par lesquels l'hypoglosse est en rapport au travers de la ligne médiane avec son congénère, des fibres mettant les origines profondes en rapport avec les noyaux d'origine des faciaux et des trijumeaux. Puis ces divers noyaux entreraient en relation par des fibres avec les olives, qui auraient pour fonction de coordonner l'action de ces noyaux dans le mécanisme de la parole, et seraient, pour ainsi dire, le cervelet du mécanisme de la parole; enfin l'olive elle-même, ainsi que les noyaux, seraient mis en relation avec les couches optiques et les corps striés, et, par leur intermédiaire, avec les hémisphères cérébraux.

Quoi de plus simple et de plus admirable! s'écrieront ceux qui n'ont aucune idée des difficultés de l'histologie. Et moi, je vous répète que c'est de l'anatomie inspirée par des présomptions physiologiques. Quand on a cherché à suivre des fibres nerveuses jusqu'à leurs cellules d'origine, on sait quelles difficultés inouïes présente cette étude. Quoique j'aie fait de nombreuses préparations, je n'ai pu voir que rarement des fibres du facial en rapport avec leurs cellules d'origine, et il ne s'agit là encore que des premiers pas à faire dans ces recherches histologiques. Comment accepterais-je sans hésitation les résultats si complexes que l'on nous présente? Ce sont là pour moi des constructions de l'esprit fondées sur quelques données partielles, nécessairement très-incomplètes. Rien n'est plus facile, même pour les hommes les plus honnêtes, de se laisser entraîner par les données de la physiologie. Or, défiez-vous, je vous le dis de nouveau, de pareils résultats. Je vous ai montré, par l'expérience du facial, ce qu'il fallait croire de l'anatomie commode. Je dis commode : quoi de plus simple, en effet! Si l'un de vous le voulait, ou plutôt était dominé par l'idée préconçue que cela doit être ainsi, en cherchant, bien il trouverait, je suppose, des relations entre les noyaux d'origine des nerfs intercostaux, puis entre ces noyaux et le foyer d'origine des nerfs phréniques et des nerfs qui animent les divers muscles respiratoires; il trouverait ensuite des filets mettant en rapport ces divers noyaux originels avec les foyers d'origine des pneumogastriques, et enfin avec le nœud vital. On aurait ainsi construit le mécanisme des agents nerveux de la respiration. Un tel travail pourrait-il inspirer la moindre confiance? Il faut donc, jusqu'à nouvel ordre, rester dans le doute le plus complet relativement à l'explication de ces relations si réelles et si obscures; il faut patiemment attendre que les lumières aient été fournies par la physiologie ou par l'anatomie pathologique, ce qui est la même chose.

Je laisse de côté la toux, le bâillement et les phénomènes de l'effort, qui sont, comme l'a montré M. Flourens, dans les plus étroites relations avec le mécanisme respiratoire, et le bulbe, par conséquent. J'arrive à ce qui, dans le bulbe, est relatif au nœud vital.

*Nœud vital.* — C'est à cette question que se rattache un des travaux les plus considérables de M. Flourens. Voyons ce qui était connu avant lui.

Galien savait qu'il existe dans les centres nerveux un point dont la section anéantit sur-le-champ la respiration et la vie. Mais lorsqu'il s'agit de la position de ce point, il ne donne que des indications assez vagues. Il faut faire, suivant lui, cette section après la première ou la seconde vertèbre, ou à l'origine même de la moelle spinale, c'est-à-dire à la partie inférieure du bulbe. Lorry a dit aussi qu'en plongeant un scalpel dans l'occiput, on causait des convulsions; mais qu'en le plongeant entre la deuxième et la troisième vertèbre, l'animal mourait sur-le-champ; le pouls et la respiration cessaient absolument.

J'arrive à Legallois. Ce physiologiste limite un es-

Digitized by Google

pace assez circonscrit de la moelle allongée dont la lésion est mortelle. Il la place à peu de distance du trou occipital et vers l'origine des nerfs de la huitième paire, ou pneumogastrique. Sur un jeune lapin il procéda à l'extraction du cerveau en enlevant des tranches successivement, jusques et y compris une petite partie de la moelle allongée; mais la respiration cesse subitement lorsque l'on arrive à comprendre dans une tranche l'origine des nerfs de la huitième paire. Il place dans ce point *le premier mobile, le principe de tous les mouvements respiratoires.*

M. Flourens, en 1825, précisa d'une façon plus exacte. Pour lui, le nœud vital commençait alors avec la naissance de la huitième paire et se terminait deux ou trois trois lignes plus bas. M. Longet, quelque temps après, plaça ce point dans les faisceaux intermédiaires. Enfin M. Flourens arrive à une précision inespérée (1847). Il fit une quantité considérable d'expériences, et arriva à déterminer ce point d'une façon définitive.

La figure schématique que je place sous vos yeux indique où se trouve ce point. Vous voyez que c'est à l'union des pyramides postérieures, là où elles s'écartent pour former le quatrième ventricule. Le petit V de substance grise inscrit dans l'angle postérieur du quatrième ventricule est le point de repère du nœud vital qui réside dans le centre même du bulbe. Si avec un scalpel, ou mieux avec un emporte-pièce, on enlève ce qui, sur cette figure, est représenté par une circonférence, on arrête au même instant la respiration et l'on tue immédiatement l'animal.

Nous allons faire cette expérience devant, vous et vous verrez que si l'on fait la section à une ligne au-dessus du point que je vous indique, les mouvements du thorax sont conservés, et que si nous pratiquons, sur un autre lapin, la section un peu en arrière, le mouvement respiratoire des ailes du nez est conservé. Il faut une précision mathématique pour amener la mort immédiate.

On a nié non-seulement la légitime interprétation de ces résultats, mais on a mis en doute la constance des résultats eux-mêmes. Vous voyez ce qu'il faut penser de ces dénégations, et je n'aurai pas de peine à vous montrer leur peu de valeur. Vous voyez que la mort survient dans ces cas, non-seulement par les causes que l'on a invoquées, mais très-réellement par suite d'une lésion incompatible avec la persistance de certaines fonctions, sans lesquelles la vie est impossible chez les vertébrés supérieurs.

Bien que les recherches anatomiques, même celles qui ont été faites avec le plus de bonne volonté, n'aient pas donné la raison de ce résultat si remarquable, il est clair que, comme le dit M. Flourens, la lésion porte sur le point où les divers mouvements nécessaires à la respiration viennent s'enchaîner en un mouvement d'ensemble. Je ne dis pas que c'est de là qu'ils partent; mais s'il m'était permis de me servir de cette comparaison, je dirais que ce sont des fils qui viennent du tronc, de la face, etc., et qui passent tous en ce point.

Il faut se contenter pour le moment d'enregistrer ce résultat sans pouvoir en démêler clairement la cause prochaine. L'arrêt de la respiration chez les animaux supérieurs entraîne la mort immédiate, et c'est là pourquoi M. Flourens a désigné le point dont nous parlons par le nom de *point* ou *nœud vital.*

On a beaucoup critiqué cette expression; on a été jusqu'à dire, en se fondant sur des expériences en apparence probantes : Le point vital semble ne pas être essentiel à la vie.

Sans vouloir tenir compte de cette sorte de jeu de mots, il faut examiner sérieusement la question. M. Brown-Séquard attribue la mort chez les animaux supérieurs aux causes suivantes : 1° Le cœur s'arrête sous l'influence du choc. Ce premier argument tombe de lui-même; le cœur ne s'arrête presque jamais lors de la section du nœud vital. 2° L'entrée de l'air dans les veines, l'emphysème pulmonaire, une sécrétion bronchique exagérée, sont des phénomènes extrêmement rares et qui ne sauraient expliquer une mort aussi foudroyante. 3° Arrêt de la respiration par suite de la commotion. Il y a certainement choc et commotion, on ne saurait le nier; du reste, c'est ce qui explique pourquoi la mort arrive parfois sans convulsion, surtout lorsque la lésion a été brusque. Mais ce qui montre que ce n'est pas là la cause réelle de la mort, c'est que lorsque l'on pratique la respiration artificielle, si le choc avait arrêté la respiration, elle devrait se rétablir, et que loin de là elle reste définitivement abolie. Mais il y a mieux encore. Lorsque l'on a coupé le point vital à une grenouille, si le choc seul était cause de l'arrêt de la respiration, on pourrait voir la respiration reparaître spontanément. Pendant l'hiver, une grenouille dans ces conditions peut vivre plus d'un mois, grâce à la respiration cutanée, et cependant jamais on n'observe le retour des mouvements respiratoires qu'abolit la section du nœud vital.

C'est parce que l'hématose est rendue impossible que meurt l'animal supérieur, et non parce que l'on anéantit le principe vital. Que veut dire ce mot? Le principe vital existe-t-il? Quels sont ceux qui croient encore à son existence? Quelques physiologistes ou philosophes qui aiment à vaguer dans les nuages.

Lorsque l'on envisage l'ensemble des êtres créés, on voit bientôt l'inanité du principe vital, de cette force unique qui doit diriger la nutrition; qui gouverne l'accroissement des organes, le maintien, la pérennité de la forme; qui contraint la matière à entrer, pour ainsi dire, dans certains moules, qui force l'être à tendre dans son évolution progressive vers un modèle spécifique préfixe. Cette force ne peut être qu'une, l'unité est un de ses caractères essentiels; c'est pour cela que nous l'appelons *principe vital* ou force vitale. Voyons ce que nous dit l'expérience.

Cette force doit exister dans le règne végétal; mais lui emprunter des preuves, serait nous faire la partie.

Digitized by Google

trop belle, arrivons tout de suite au règne animal. Comment expliquer ces mutilations faites sur des animaux que je sépare en deux parties, et dont chaque partie reproduit un animal complet et semblable à celui que j'ai ainsi divisé? Les polypes, les planaires, les naïdes, que l'on peut séparer en plusieurs segments, sont dans ce cas.

Mais nous sommes là dans les bas-fonds du règne animal; cherchons nos arguments plus haut. J'ai déjà eu l'occasion de vous parler des expériences de M. Bert. Je vous rappelle encore le rat chez lequel on a transplanté sa propre queue dans le tissu sous-cutané du dos; cet autre chez lequel on a introduit aussi sous la peau de l'aine le membre inférieur d'un autre rat. On a fait cette transplantation alors que la queue avait la forme et la longueur que je vous montre, et vous voyez qu'elle s'est considérablement accrue; les os du membre inférieur étaient en voie de formation, leurs épiphyses n'étaient pas soudées aux diaphyses, et après quelque temps ces os avaient atteint leur longueur normale, et la soudure des épiphyses aux diaphyses était complète. Si ces parties de l'animal ne possédaient rien qui dût diriger les efforts de l'accroissement vers une forme préfixe, il n'y aurait aucune harmonie dans ces parties après leur développement. Je ne pourrais vous montrer que des amas informes, au lieu de vous présenter des parties aussi régulièrement développées que celles qui sont restées dans leur position normale. On aurait donc pu diviser le principe vital et en laisser une partie dans le corps de l'animal, et une autre dans la patte ou la queue que l'on a transplantées; le principe vital serait donc divisible, ce qui est inadmissible. On ne peut donc pas admettre l'existence de ce principe.

A cet argument, que je crois sans réplique, je ne sais vraiment ce que répondraient les partisans du principe vital. Mais voici encore une expérience que nous avons faite, et dont le dessin qui est sous vos yeux reproduit les résultats. Vous savez comment les grenouilles arrivent à leur développement parfait, en passant par l'état de larve que l'on nomme têtards. Nous avons séparés de très-jeunes larves en deux tronçons. Après quelque temps, le tronçon céphalique s'est développé régulièrement: une nouvelle queue vient à pousser à la place de celle que nous avons excisée; mais on pourrait dire que c'est dans ce tronçon céphalique que résidait le principe vital. Si nous examinons après deux jours le tronçon caudal, nous voyons que lui aussi s'est développé. Si nous avons soin de le laisser dans une eau que nous renouvelons de temps en temps, nous voyons bientôt cette queue augmentée de volume, se rapprocher de la forme qu'elle devrait avoir dans l'animal entier; puis apparaissent des masses musculaires dont on distingue parfaitement les intersections à travers la peau transparente, puis des vaisseaux qui se ramifient, et dans lesquels le sang subit des modifications remarquables. Comment ce tronçon a-t-il vécu? comment s'est-il développé? Est-ce vaguement, sans se conformer à un type déterminé? Non, assurément: cette queue ressemble à celle qui est restée en continuité avec le corps d'un animal du même âge; et nous n'aurions pas obtenu ce résultat, si elle n'avait pas une force capable de diriger ses efforts vers le développement.

Je veux laisser à ces faits leur éloquence, et je me borne à énoncer cette loi: qu'il n'y a pas de force vitale unique, indivisible, que le doute n'est pas permis à ce sujet; et il faut accepter l'autonomie des éléments anatomiques, contenant chacun en eux toutes les tendances spécifiques. Le principe vital est une chimère.

E. Brémond.

---

## FACULTÉ DE MÉDECINE.

## HISTOLOGIE (1).

COURS DE M. CH. ROBIN.

### Évolution embryogénique des tissus et formation des tumeurs.

Après avoir indiqué le mode fondamental d'apparition des tissus dans l'économie, il y a lieu de faire l'application de ces données à l'étude de la régénération des tissus détruits. Dans le cas le plus commun de cicatrisation de la peau, on constate parfaitement que la régénération de cette partie reproduit les phases de la génération embryonnaire. Lorsqu'une cicatrice se produit, ce sont les noyaux embryoplastiques qui apparaissent en premier lieu avec une certaine quantité de matière amorphe. Puis viennent des fibres lamineuses avec des vaisseaux, et postérieurement, mais beaucoup plus tard, — ce qui explique la longue durée de la cicatrisation, — se développent des fibres élastiques, qui sont toujours plus irrégulières et moins nombreuses que dans le tissu normal. A ce moment, la matière amorphe interposée à tous ces éléments est très-abondante. Les fibres élastiques qui sont l'élément essentiel du derme, l'élément le plus important au point de vue anatomique et physiologique, n'apparaissent ainsi qu'en dernier lieu. Une fois que ces éléments déterminent une trame bien nette, on voit la cicatrice s'achever en quelques jours et se couvrir d'une couche épidermique.

L'épiderme se régénère avec une grande rapidité. On voit ensuite se résorber peu à peu la matière amorphe existante dans cette trame nouvelle, et alors a lieu la production de ce qu'on appelle le tissu *albuginé*, et la rétraction de la cicatrice. Cette rétraction est fort énergique, aussi énergique que celle d'un tissu qui, après avoir été mouillé, se dessèche peu à peu.

Il y aurait à signaler d'autres particularités relativement à la régénération des tissus musculaires nerveux et des parenchymes, mais ces questions reviendront

(1) Voy. le n° 54 de la première année et les n°s 2 et 4 de la seconde.

Digitized by Google

avec l'étude individuelle des tissus. J'ai voulu, pour le moment, établir uniquement ce fait, que la régénération se fait comme la génération. La cicatrisation des artères nous fournit un exemple curieux, que je demande cependant la permission de mentionner encore. En cette cicatrisation, on voit apparaître d'abord des noyaux embryoplastiques, puis des fibres élastiques, avec cette particularité, qu'en raison de la pression du sang, la cicatrice se laisse distendre avant qu'elle soit aussi riche en tissu élastique que la paroi de l'artère normale, d'où la production d'anévrysmes. On peut, il est vrai, constater la régénération du tissu artériel, mais ce tissu régénéré est toujours moins riche en fibres élastiques, et par suite, moins résistant que la paroi normale.

On remarque une concordance également frappante entre les phénomènes d'apparition des tissus morbides, et la génération première des tissus normaux. Les tissus désignés sous le nom de *produits*, sont ceux qui deviennent le plus fréquemment le siége d'apparition des tissus morbides, parce que ce sont ceux aussi chez lesquels on rencontre au plus haut degré et avec la plus grande énergie, les propriétés de nutrition, de développement et de génération. Ces particularités physiologiques résultent de phénomènes pathologiques remarquables, et sur lesquels j'insisterai plus loin.

Quoi qu'il en soit, les tissus morbides peuvent se manifester de deux sortes : 1° Par *hypergenèse* ou multiplication excessive et sur place des éléments anatomiques, comme la multiplication des épithéliums dans la couche épithéliale d'une muqueuse. L'hypergenèse est très-commune. Elle comprend un grand nombre de productions épidermiques, les productions cornées de la peau, les simples épaississements (cals, cors, durillons), les productions caractérisées par une augmentation et texture différentes des éléments, etc.

Disons-le, d'ailleurs, la texture des éléments est modifiée dans tous les cas d'hypergenèse. Or, cette modification est fort importante à connaître pour la détermination exacte de la nature de la tumeur. Il ne suffit pas d'étudier en cette dernière la couleur, la consistance et la présence de l'épithélium, il faut encore étudier l'arrangement réciproque des éléments, vu que cet arrangement varie dans les diverses tumeurs épithéliales.

2° Par *hétérotopie*, c'est-à-dire par apparition de masses épithéliales par exemple, en dehors des lieux où on les voit normalement apparaître. C'est ainsi qu'il n'est pas rare de voir se produire des masses épithéliales au-dessous du derme sous la muqueuse linguale.

Ces générations hétérotopiques sont consécutives, et non point primordiales. Aussi lorsqu'une production épithéliale dérive de l'épithélium, et envahit plus ou moins le vagin, on voit en ce cas, quoique le péritoine ne soit pas atteint, des masses épithéliales se produire dans l'épaisseur des parois du rectum, ou de quelque autre organe voisin, et ces masses sont isolées de toutes parts par des tissus sains. Tant que l'on ignorait la texture de l'épithélium dans ces différentes régions, et la nature des masses épithéliales dans ces différents organes, on ne pouvait rien savoir absolument sur l'apparition des produits morbides de cette catégorie.

On pourrait dire à peu près la même chose d'une grande quantité d'autres tumeurs pour l'étude desquelles il n'existait aucun élément sérieux, avant les investigations microscopiques. Vous comprendrez ainsi que notre classification des produits morbides ne doit ressembler en rien à celles qui l'ont précédée, et qui étaient fondées sur l'examen de la couleur et de la consistance de ces produits.

Nos dénominations ne seront pas non plus les mêmes. Jusqu'ici, on a désigné les produits morbides, en les comparant à des corps tout à fait étrangers à l'économie, on les a appelés cancers, polypes, végétations, etc., comme les alchimistes donnaient les noms d'arbre de Diane et de Vénus à des sels dont ils ne connaissaient point la nature.

Nous pouvons aujourd'hui déterminer exactement les analogies, et les différences qui existent entre les tissus sains et les tissus normaux. Nous pouvons dire d'où provient tel tissu morbide par rapport à tel autre tissu normal. Et tout cela nous le découvrons au moyen de l'observation assidue et de l'expérience rigoureuse.

La rénovation qui s'accomplit aujourd'hui au sein de l'anatomo-pathologie est semblable de tout point à celle que Lavoisier, Berthollet, Monge, Fourcroy, Berzelius et d'autres accomplirent en chimie, quand ils établirent les rapports véritables qui existent entre les corps simples et les corps composés.

Les idées que je vous expose au sujet des productions morbides conduisent à modifier aussi la doctrine généralement adoptée touchant la récidive des produits morbides. Toute cette vieille doctrine est à refondre, et doit passer à l'état d'historique.

En ce qui concerne les productions morbides des tissus parenchymateux, nous disons que ces productions proviennent le plus souvent de l'hypergenèse des épithéliums qui tapissent les vésicules closes, ou les conduits, selon qu'il s'agit de parenchymes à vésicules closes ou à conduits. Cette hypergenèse, dans le cas des conduits entraîne la distension de ces derniers, qui peuvent ainsi assez rapidement décupler de volume. Dans le cas des vésicules closes, il faut noter, qu'en même temps que les épithéliums se multiplient outre mesure, ils s'hypertrophient aussi chacun individuellement. Parmi les tumeurs ainsi déterminées, il s'en trouve un grand nombre connues sous le nom générique de *cancers*.

Il y a aussi des productions morbides qui dérivent des parenchymes par génération hétérotopique. Ainsi une tumeur s'étant produite dans un parenchyme, comme la mamelle ou le testicule, par une multiplication exagérée d'épithéliums, on voit au bout d'un certain temps des masses qui offrent la texture générale de la mamelle ou du testicule, apparaître dans les ganglions voisins, et se

Digitized by Google

substituer aux tissus ganglionnaires. Ce serait une erreur de croire que de telles masses, qui envahissent les ganglions, n'offrent pas de texture particulière. Jusqu'à présent, cette texture n'a pas été étudiée, mais il est facile de s'apercevoir que ces masses produites dans les ganglions de l'aisselle postérieurement à l'apparition d'une tumeur de la mamelle, offrent une texture analogue à celle de la mamelle elle-même, et qu'il y a eu génération hétérotopique d'un tissu analogue à celui de la mamelle dans les ganglions lymphatiques. En même temps les épithéliums deviennent rapidement le siége de certaines altérations de structure, de ramollissement, par exemple, etc. Cette génération peut s'opérer primitivement, c'est-à-dire qu'étant donné un individu qui n'a eu aucune altération, ni des glandes, ni des ganglions lymphatiques, ni d'aucun autre parenchyme, on peut voir naître dans certaines régions dépourvues de glandes des masses de tissus ayant la texture des parenchymes. C'est ce qu'on a appelé un tissu hétéradénique, c'est-à-dire un tissu glandulaire étranger à l'économie, offrant la texture générale des glandes, sans être en corrélation avec une glande normale quelconque. Ces cas ne sont pas rares.

L'hypergenèse des culs-de-sac glandulaires est un troisième mode d'apparition des produits morbides parenchymateux. Citons-en un cas : On voit quelquefois dans la mamelle un lobule glandulaire composé de vingt ou trente culs-de-sac se multiplier outre mesure, et ces culs-de-sac conserver un épithélium semblable à celui de la mamelle normale. C'est là ce qui constitue le plus souvent l'hypertrophie mammaire.

Les parenchymes sont encore le siége d'autres productions morbides qui dérivent de l'hypergenèse des éléments de leur trame. Car il y a entre les différents culs-de-sac une trame formée de fibres lamineuses, de cellules adipeuses, de noyaux embryoplastiques, et de fibres musculaires de la vie organique dans certains cas. Eh bien, ces éléments peuvent se multiplier outre mesure, et donner lieu, soit à des masses fibreuses, soit à des tumeurs adipeuses dans l'épaisseur des parenchymes glandulaires ou autres, comme on le voit pour le rein, pour la mamelle, et même pour le testicule. Une particularité digne d'intérêt, c'est qu'en même temps que se produisent ces tumeurs aux dépens de la trame, les culs-de-sac s'atrophient, et subissent certaines modifications secondaires dans leur structure intime.

Dans les tissus proprement dits, on voit très-rarement des produits morbides résultant de l'hypergenèse des éléments fondamentaux. Ainsi on ne connaît pas de tumeurs des fibres musculaires ni des fibres élastiques, etc. Il y a cependant quelques tissus proprement dits, au sein desquels les éléments peuvent être atteints d'hypergenèse, comme le tissu adipeux et le tissu lamineux sous-cutané. Dans la moelle des os, les tumeurs qui sont formées par l'hypergenèse des éléments fondamentaux ou *médullocelles*, sont extrêmement rares, tandis que les tumeurs formées par l'hypergenèse des myéloplaxes, qui sont des éléments accessoires de ce tissu, sont très-communes. Ainsi, on peut dire qu'en général, dans les tissus proprement dits, les produits morbides résultent de l'hypergenèse d'un ou de plusieurs éléments accessoires. Dans cette génération morbide, les tumeurs diffèrent beaucoup par l'aspect, du tissu dans lequel elles prennent naissance.

Parmi les tissus proprement dits, il en est quelques-uns qui peuvent aussi devenir le siége de tissus morbides par génération hétérotopique. Les tumeurs cartilagineuses appelées chondromes ou enchodromes en sont un exemple. Ce sont des masses cartilagineuses qui naissent en des endroits où il n'en existe pas normalement. Même, jamais on n'a vu ces tumeurs en connexion directe avec un cartilage normal. Certaines tumeurs osseuses naissent aussi de la même manière. — Fernand Papillon.

## BULLETIN DES COURS.

La Faculté de médecine de Paris ouvrira ses cours d'été le lundi 3 avril 1865. Ils auront lieu dans l'ordre suivant :

| COURS. | PROFESSEURS. | JOURS. | HEURES. |
|---|---|---|---|
| Histoire naturelle médic.. | Baillon. . . . . | Lundi, mercredi, vendredi | A 11 h. |
| Physiologie. . . . . | Longet, r. p. M. Sée. | Lundi, mercredi, vendredi | A midi. |
| Accouchements, mal. des femmes et des enfants. | Pajot. . . . . | Lundi, mercredi, vendredi | A 1 h. |
| Thérap. et mat. médicale. | Trousseau. . . . . | Lundi, mercredi, vendredi | A 3 h. |
| Médecine légale. . . . . | Tardieu. . . . . | Lundi, mercredi, vendredi | A 4 h. |
| Pharmacologie. . . . . | Regnauld. . . . . | Mardi, jeudi, samedi. . . . | A 11 h. |
| Pathologie chirurgicale . | Gosselin. . . . . | Mardi, jeudi, samedi. . . . | A midi. |
| Anatomie pathologique. . | Cruveilhier, rempl. par M. Empis, ag. | Mardi, jeudi, samedi . . . . | A 2 h. |
| Pathologie médicale. . . | Béhier. . . . . | Mardi, jeudi, samedi. . . | A 3 h. |
| Hygiène. . . . . | Bouchardat. . . . . | Mardi, à 1 h., jeudi, sam. | A 4 h. |
| Clinique médicale. . . . . | Bouillaud. . . . . | à la Charité. | Tous les jours, le matin, de 8 à 10 h. |
| | Natalis Guillot. . . | | |
| | Grisolle. . . . . | à l'Hôtel-Dieu. | |
| | Piorry. . . . . | | |
| Clinique chirurgicale. . . | Jobert (de Lamballe). | à la Charité. | |
| | Langier . . . . . | | |
| | Velpeau . . . . . | | |
| | Nélaton . . . . . | | |
| Clinique d'accouchement | Depaul. . . . . | à l'hôp. de la Faculté. | |

COURS COMPLÉMENTAIRES.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cours cliniques des mal. de la peau | Hardy. . . . . | à St-Louis, mardi, sam | A 8 h. 1/2 |
| des mal. des enfants | H. Roger. . . . . | à l'hôp. des Enf., merc. | A 8 h. 1/2 |
| des mal. des yeux. | Follin. . . . . | au Bureau central (Parvis Not.-Dame), lund., ven | A 2 h. |

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*Vient de paraître :*

Le 2e volume du Manuel de matière médicale, de thérapeutique et de pharmacie, par M. le professeur Bouchardat. 1 vol. in-18. Prix des deux volumes. 14 fr.

Traité des champignons au point de vue botanique, alimentaire et toxicologique, par M. l'abbé Morel. 1 vol. in-18 contenant plus de 100 figures. 4 fr.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 19. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 8 AVRIL 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

Six mois..... Paris, 15 fr. Départ., 18 fr. Étranger, 20 fr.
Un an..... — 26 — 30 — 35

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

**SOMMAIRE.**

**Académie des sciences.**

FACULTÉ DE MÉDECINE. — **Conférences historiques.** — **M. Lasègue** : L'école de Halle : Frédéric Hoffmann et Stahl.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Physiologie.** — Conférence de **M. Claude Bernard** : Le cœur et ses rapports avec le cerveau.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie.** — Cours de **M. Berthelot** : V. Les éthers composés.

AVIS. — Nous donnons aujourd'hui, sans augmentation de prix, un supplément de *huit* colonnes.

Paris, 7 avril 1865.

Lundi dernier, M. Brongniart a lu à l'Académie des sciences un intéressant mémoire sur la flore de la Nouvelle-Calédonie, comparée à celle de l'Australie.

M. Cloquet a présenté un ouvrage de M. Joly, intitulé : *Études hygiéniques et médicales sur le tabac*. Après avoir esquissé l'histoire de cette plante originaire d'Amérique, et qui fut introduite en France, comme médicament, vers 1660, par l'ambassadeur de Portugal, M. Joly examine son action sur l'organisme, et particulièrement sur le système nerveux, en étudiant successivement tous les phénomènes qui caractérisent cette action : nausées, dérangement de corps, sorte d'ivresse particulière, etc., et surtout la paralysie progressive, très-fréquente aujourd'hui, et qu'on attribue à l'abus du tabac. La proportion de nicotine contenue dans le tabac est, du reste, extrêmement variable, puisque les tabacs d'Orient et de Cuba n'en possèdent guère que 2 pour 100, tandis que des tabacs d'outre-provenance en contiennent jusqu'à 7 pour 100. Enfin, M. Joly cherche à établir un rapport entre la fréquence des cas de folie et la consommation du tabac. Il constate qu'en 1828, l'impôt du tabac ne rapportant que 28 millions à l'État, les diverses maisons d'aliénés existant en France ne renfermaient que 8000 personnes; en 1862, au contraire, l'impôt du tabac rapporte 180 millions, et les maisons d'aliénés renferment 44 000 individus. Les chiffres relevés par M. Joly peuvent paraître très-significatifs; mais il ne faut pas oublier que, de 1828 à 1862, le prix de vente des tabacs a été élevé dans une proportion notable par divers actes législatifs, en même temps que la population du territoire s'est accrue d'une manière sensible; d'un autre côté, le nombre des fous restés hors des maisons d'aliénés, et non compris, par conséquent, dans les statistiques, était bien plus considérable à cette époque qu'il ne l'est aujourd'hui. Ces trois remarques diminuent beaucoup la portée des chiffres signalés plus haut, et d'ailleurs il est difficile d'admettre que la statistique puisse prouver grand'chose en pareille matière; car, depuis 1828, l'hygiène générale a subi des changements bien plus graves qu'un accroissement dans la consommation du tabac, et, même en faisant table rase pour un instant de toutes les autres circonstances qui pourraient rendre les cas de folie plus fréquents, par exemple, l'augmentation du débit des liqueurs alcooliques, et surtout de l'absinthe, il resterait encore à chercher si c'est surtout parmi les personnes faisant abus du tabac que se rencontre le plus grand nombre d'aliénés.

Dans le mémoire présenté par M. Charles Sainte-Claire Deville à l'Académie des sciences, le 27 mars dernier, relativement au rapport qu'il croit exister entre l'abaissement de la température à certains jours de l'année et la fréquence des apparitions d'astéroïdes ou



Digitized by Google

étoiles filantes au milieu de l'atmosphère terrestre, ce savant avait cité incidemment un travail déjà ancien d'Erman, qui arrivait aux mêmes conclusions que lui sur la question des températures, et attribuait en outre à l'interposition de nuées d'astéroïdes les offuscations du soleil rapportées dans certaines chroniques. Il est en effet à peu près démontré aujourd'hui qu'il existe deux anneaux d'astéroïdes se mouvant autour du soleil et coupant le plan de l'orbite terrestre, le premier en août et février, le second en mai et novembre. Un certain nombre de ces petits astres peuvent ainsi pénétrer dans le cercle d'attraction de la terre, et ils tombent alors à travers l'atmosphère avec une rapidité suffisamment grande pour devenir lumineux par le frottement. Erman pensait que l'interposition de ces espèces de nuées d'astéroïdes pouvait produire une offuscation du soleil, et il prend notamment trois offuscations de ce genre rapportées dans des chroniques, en démontrant qu'elles se placent aux époques où les anneaux d'astéroïdes coupent l'orbite terrestre.

Dans un travail très-curieux qu'il a lu à l'Académie, M. Faye a examiné ces assertions d'Erman, en les distinguant soigneusement de la question des températures traitée huit jours auparavant par M. Charles Sainte-Claire Deville, question qu'il ne veut pas aborder. M. Faye a montré le peu de valeur des témoignages sur la foi desquels on prétend affirmer l'existence des trois offuscations du soleil invoquées par Erman; et quant à la question astronomique, il a prouvé, par des calculs faits à l'aide des observations les plus récentes, que les événements rapportés par Erman, en supposant qu'ils aient existé, ne se rapporteraient pas aux époques où les anneaux d'astéroïdes coupaient le plan de l'orbite terrestre. La théorie d'Erman est donc absolument sans fondement.

M. Charles Sainte-Claire Deville fait remarquer que le mémoire lu par lui dans la précédente séance traite une question différente, comme l'a, du reste, indiqué M. Faye, celle du rapport qu'il peut y avoir entre l'abaissement relatif de la température à certains jours de l'année et la chute de nombreux astéroïdes aux mêmes époques, et qu'il a eu l'intention de constater ce rapport par des calculs de statistique, sans chercher précisément à l'expliquer.

M. Le Verrier entre, à cette occasion, dans diverses considérations à l'occasion des calculs de statistique, qu'il trouve toujours extrêmement périlleux et très-sujets aux erreurs; il conteste ensuite une partie des conclusions tirées par M. Charles Sainte-Claire Deville des calculs auxquels il s'est livré, en essayant de montrer que les résultats fournis par ces calculs sont dus à des causes purement accidentelles.

ÉMILE ALGLAVE.

---

## FACULTÉ DE MÉDECINE.

### CONFÉRENCES HISTORIQUES.

M. LASÈGUE.

**L'école de Halle : Fréd. Hoffmann et Stahl.**

Messieurs,

On raconte, et c'est, je crois, Pétrone qui nous fait ce récit, qu'un affranchi de la décadence avait une telle habileté, qu'il prétendait transcrire l'*Iliade* et l'*Odyssée* en caractères assez menus et sur un papyrus assez fin pour faire tenir les deux poëmes dans la coquille d'une noisette. La tâche que j'entreprends ressemble presque à celle que cet affranchi se vantait d'accomplir. Il s'agit en effet de faire tenir dans une heure de leçon l'exposé des plus grandes doctrines qui ont divisé, qui divisent, et qui probablement diviseront toujours la médecine, et de les montrer se développant l'une en face de l'autre. Ce problème, le hasard l'a résolu, en se jouant, pour ainsi dire, le jour où il a réuni dans la petite ville de Halle le *vitalisme* et le *mécanicisme*.

Un jour, en 1693, il prit fantaisie à Frédéric Ier, à cette époque électeur de Brandebourg, et qui devait être le premier roi de Prusse, de rassembler dans cette petite ville, que ne recommandaient ni sa position géographique, ni ses antécédents universitaires, les éléments d'une Faculté qui éclipsât les autres.

C'était un prince à grandes idées, dont on raconte qu'il dépensa tant d'argent le jour de son sacre, qu'il épuisa toutes les finances de la monarchie naissante. Toujours est-il qu'en fondant à Halle cette petite école, il eut la main singulièrement heureuse.

Il s'enquiert de tous côtés; il cherche, au gré de son inspiration, des hommes qui puissent créer le mouvement et la vie dans cette université sans passé. Il ne s'adresse ni aux professeurs illustrés par leurs travaux, ni aux maîtres de la science. Il appelle à lui un tout jeune homme qui venait de finir à peine ses études à Iéna, Hoffmann, qui avait alors trente ans. Dès le début de sa carrière, Hoffmann s'était fait remarquer à Iéna par son savoir et son talent : car, avant de se risquer à l'enseignement officiel, il avait commencé par l'enseignement particulier, où l'homme, jeune encore, sans titre, sans autorité, donne à ceux qui viennent l'entendre le meilleur de son savoir et de son zèle.

Par une coïncidence heureuse et fortuite, cette petite école, ainsi née de la volonté d'un prince, sans précédents, sans rien au monde qui justifiât son existence, a compté une série d'hommes illustres qui se sont succédé jusqu'à la première moitié de notre siècle.

C'est d'abord Hoffmann, le doyen. Stahl, qu'il appelle près de lui. Reil, que peu d'entre vous connaissent, même de nom; l'auteur de la théorie des fièvres, le fondateur du Journal de physiologie et le disciple de Kant; esprit ingénieux et profond, qui importa dans la

Digitized by Google

médecine les principes de la plus grande doctrine philosophique de notre temps. Kurt Sprengel, l'auteur de l'histoire pragmatique de la médecine, qui, non-seulement n'a pas été remplacée, mais qui certainement n'a pas été égalée depuis. Meckel, l'anatomiste. Puis Krukenberg, dont le nom eût acquis plus de notoriété, s'il eût écrit des livres au lieu de faire des élèves.

La petite école de Halle n'a, pour ainsi dire, qu'une unité géographique; il n'existe entre ces hommes aucun lien de doctrine. Chacun y vit pour son propre compte, libre, indifférent à la tradition, indépendant de ses prédécesseurs. Chacun étudie et enseigne suivant sa pensée. « Vienne qui voudra, entende qui pourra, comprenne, comme dit Stahl, qui saura comprendre. »

Tout professeur est le maître de sa théorie comme de sa pratique; il réserve ses droits à l'originalité, dont il est si jaloux, qu'on dirait qu'il eût eu peur de se compromettre en citant ses devanciers.

Dans ses nombreux écrits, Stahl ne prononce pas le nom d'Hoffmann, et de son vivant Hoffmann ne laisse pas publier son Traité de la différence entre la doctrine médico-organique et la doctrine mécanique, le seul où il discute les opinions de son collègue.

C'est dans cette école de Halle, où la série des médecins éminents se continue sans que la chaîne soit jamais rompue, que j'ai choisi deux hommes : Fr. Hoffmann et Stahl.

Hoffmann était né en 1660. L'enseignement libre qu'il avait commencé à Iéna pouvait tout au plus avoir préparé sa renommée. Professeur ordinaire de médecine théorique et de physiologie, deux enseignements regardés à cette époque comme solidaires l'un de l'autre, il est bientôt promu au décanat.

De sa biographie j'ai peu de choses à vous dire. Hoffmann était ce que nous sommes tous, un bourgeois inconnu, menant une vie modeste et dépourvue d'incidents. Son père était médecin comme lui ; il épousa la fille d'un apothicaire. D'une constitution délicate, il maintient sa santé par l'assiduité du travail et par cette sobriété en toutes choses dont il fit plus tard le premier précepte de la médecine. Nommé doyen, il rédige les statuts de la Faculté, il organise le travail commun; il rassemble les éléments d'une bibliothèque, transportant dans l'administration la qualité souveraine du médecin de se plaire aux détails.

Son premier acte, et il n'est pas sans grandeur, c'est d'appeler un émule, un rival, dont il sait l'ardeur et le mérite, aux succès duquel il a assisté et qui va lui disputer la prééminence dans l'opinion.

Cependant sa renommée grandit par l'enseignement. Le roi de Prusse, gravement malade, le mande à Berlin en 1708. Là il se trouve en lutte avec le médecin ordinaire du prince, Gundelsheimer, un élève de Tournefort, mieux fait que lui aux habitudes de la cour; et le roi guéri, Hoffmann demande comme une faveur de retourner à Halle, heureux de retrouver ses élèves, de reprendre ses études, et disant, comme le médecin Papius, l'ami de Kepler : « *In aulis est splendida miseria.* »

Son existence se partage entre l'école et les eaux minérales, qu'il fréquente assidûment, dont il expérimente les vertus, dont il vante l'efficacité avec une conviction persuasive.

C'est quand il s'est livré pendant trente années de sa vie à ce travail incessant, qui n'épuise pas son zèle, c'est à soixante ans seulement qu'il se sent la maturité suffisante pour écrire un vrai livre. Il commence en 1718 son *Medicina rationalis systematica*, grande œuvre, œuvre durable, riche en conseils cliniques et fructueuse encore à lire de notre temps; car c'est le privilége de la pratique, en médecine, de ne pas vieillir à la façon des systèmes.

Hoffmann consacre ses dernières années à ce traité, qu'il termine octogénaire; puis quand il a fini, n'ayant pas d'autre mission à remplir dans le monde, il s'éteint à l'âge de quatre-vingt-quatre ans.

Doyen de la Faculté de médecine, Hoffmann s'était hâté d'attirer près de lui son ancien camarade Stahl, élève comme lui de Wedel, et qui lui aussi avait débuté par un modeste enseignement où l'on sentait en germe cette puissance d'intelligence qui devait plus tard croître et fructifier. Stahl accepte fièrement, sûr de l'avenir : « J'avais, dit-il, des élèves à Iéna, j'en saurai bien trouver à Halle. » Stahl quitte la cour de Weimar et vient à Halle, enseignant au même titre que le doyen la médecine théorique et la physiologie.

Le cours des deux jeunes professeurs se compose d'un petit nombre de leçons, et leur auditoire se compose d'un petit nombre d'élèves.

Il a semblé à quelques écrivains que leur mérite ne suffirait pas à la gloire de ces deux grands hommes, et qu'il fallait y joindre l'éclat et la popularité d'un grand enseignement. Schultz, un biographe d'Hoffmann, raconte avec orgueil qu'il y avait alors à Halle six comtes, dix barons, une foule d'auditeurs de l'ordre équestre qui remplissaient les maisons, les amphithéâtres et les temples des muses, et qu'il était sorti de l'école de Halle plus de héros en médecine que de guerriers tout armés du cheval de Troie.

Stahl n'a pas plus de biographie que Hoffmann. A voir les portraits qui ornent le frontispice de leurs ouvrages, on reconnaît déjà la différence qui sépare ces deux hommes. Hoffmann a la physionomie ouverte, souriante. Stahl, au contraire, maigre sous la grande perruque dont les boucles descendent sur ses épaules, a l'aspect froid et mécontent d'un individu qui demande peu au monde extérieur, et ne se met pas en quête de sympathie.

Dans sa vie, rien à noter. Né en 1660, il était fils d'un modeste employé, secrétaire d'une église presbytérienne. Il avait puisé près de son père, et dans l'éducation de la famille, des croyances religieuses rigides, absolues, comme celles qui convenaient à un esprit peu pitoyable aux convictions des autres, et l'habitude d'une foi passionnée

Digitized by Google

sous sa froideur, sans concessions et sans compromis. Il appartenait à l'école des plus fervents piétistes, et parmi ceux qui ont écrit sa vie, non pas à la manière des biographes qui louent, mais à la façon des historiens qui critiquent, quelques-uns ont attribué une part de sa célébrité à ce que des piétistes aussi ardents que lui étaient venus se grouper autour de son enseignement. J'ai quelque peine à croire que ces motifs aient attiré à Halle un tel concours d'étudiants en médecine.

Comme son doyen, Stahl vivait de peu, sans grands événements. Comme lui, il avait été appelé à Berlin vers la fin de sa carrière. Bien qu'accueilli avec une faveur marquée, il n'avait pas eu le singulier honneur dont Hoffmann venait d'être gratifié, quand le roi, ayant fait construire un pavillon dans un de ses châteaux de plaisance, fit placer le portrait d'Hoffmann en regard du sien, pour montrer qu'il y avait entre eux deux le lien d'une ineffaçable reconnaissance : noble exemple qui n'a pas, que je sache, trouvé depuis un imitateur.

Après avoir enseigné pendant vingt-quatre années, Stahl se retira à Berlin, où il mourut à l'âge de soixante-quatorze ans.

Historiens ou critiques, il en est peu qui aient connu Stahl au vrai. Hoffmann lui-même lui prête des doctrines dont il eût décliné la responsabilité, et depuis lors on a trouvé plus facile de le combattre que de l'apprendre. Si la vérité dans l'histoire ne s'acquiert qu'au prix d'une étude impartiale et approfondie, je puis me rendre le témoignage que j'ai tout fait pour remplir cette double condition. Familiarisé avec les idées du maître par la longue fréquentation de ses écrits, je n'en dirai ni le bien exagéré qu'ont pensé ses rares partisans, ni le mal qu'ont répété ses adversaires.

Pour bien comprendre la portée d'un système en médecine, il faut le voir à l'œuvre. La science pure, dans les régions supérieures où elle se maintient, se dégage de toutes les attaches; la science qui s'applique est obligée de faire acception des personnes: ce n'est pas elle qui commande, c'est nous qui l'assouplissons à nos goûts, à nos instincts, à nos passions. Si dans une heure de fantaisie il vous plaisait de dépouiller les héros de l'histoire de leur armure pour les revêtir de la robe de médecin, croyez-vous que Fabius Cunctator eût traité ses malades à la façon d'Annibal. Savoir le caractère du médecin, c'est prévoir ses tendances médicales, et je ne sache pas de plus décisive épreuve à imposer à un système que de le voir en action aux mains de celui qui s'en est fait le promoteur.

Hoffmann a l'expression facile, il est éloquent et disert; sa latinité est claire et limpide; il écrit aussi bien, sinon mieux, que Stoll, sans périphrases, sans néologismes et surtout sans germanismes. Son esprit net ne se plaît pas aux circonlocutions, sa phrase a la décision de son intelligence; tout ce qui dépasse la mesure le gêne; il détourne les yeux des grandes visées, qui le troubleraient, plus habile à tourner qu'à escalader les obstacles. Son esprit se réduit volontiers aux côtés pratiques qu'il assaisonne de généralités toujours accessibles. En somme, c'est une nature peu philosophique; s'il philosophie parfois, c'est presque malgré lui, et comme s'il se sentait frappé au coude par son collègue, qui l'avertit qu'il ne suffit pas de prescrire, qu'il faut encore dogmatiser; qu'au-dessus de la pratique il y a la théorie, qui la résume ou qui l'éclaire, et que l'expérience s'acquiert, mais ne s'enseigne pas.

Vous voyez le contraste de ces deux caractères. L'un allant droit au fait, rendant la science attrayante à force de la rendre aisée, ne demande à ses auditeurs ni trop de contention d'esprit ni trop d'efforts de zèle.

L'autre, au contraire, est petit, maigre, exigeant: philosophe en vertu d'un instinct, ardent à toutes les choses qu'il pense, praticien autant que son collègue, mais quittant la pratique au jour, à l'heure où il lui plaît de la quitter, pour se lancer à corps perdu dans les aventures de la doctrine, dans les hasards de sa libre réflexion.

Parmi les philosophes de la science, il en est qui ont eu la singulière fortune d'entraîner le monde à leur suite. Voyageurs aventureux, ils se plaisent aux terres inconnues, dédaignent les routes frayées, mais les horizons qu'ils découvrent ont je ne sais quelle splendeur qui vous attire. Ils marchent au grand jour, vous associant d'esprit et de cœur à leurs plus hardies entreprises. Ce sont les poëtes de la science; avec eux on est ébloui; on ne discute ni ne disserte, on obéit docilement avant de se demander si l'on est convaincu ; au lieu de contredire ou d'attendre, on s'incline sur leur passage.

Stahl n'est pas des gens si bien doués. Sa pensée souterraine semble fuir la lumière; au lieu de s'élever dans les espaces, il creuse incessamment dans l'ombre, cherchant le filon de la vérité. Sa marche est lente, inquiète; il avance d'un pas, et se recueille. Ce n'est pas encore assez. Stahl sent que l'édifice de la médecine ancienne n'a plus de bases; il entend craquer autour de lui les vieilles doctrines qui s'écroulent; il travaille, il fouille comme le mineur qui fraye sa voie sous les décombres, et le jour où il entrevoit enfin la lueur de la vérité, il s'écrie : Je n'ai pas sauvé ma théorie, j'ai sauvé la médecine.

Ces natures supérieures ont deux faces. Critiques impitoyables, ils attaquent avec l'âpreté agressive de tous les croyants; la contradiction leur semble moins une injustice qu'une injure; ne pas les suivre, c'est les abandonner lâchement: on dirait qu'aimant mieux l'hostilité que l'indifférence, ils prennent à tâche de se créer des ennemis.

D'autre part, ils ont la foi robuste qui renverse les obstacles, ils s'avancent détruisant tout devant eux et s'imposent. Le passé n'a plus de raison d'être ni d'excuses; ils apportent au monde la vérité tout entière qui les a illuminés, et qu'on a ni vue ni entrevue avant qu'ils

Digitized by Google

l'eussent révélée : c'est leur force qui justifie leur orgueil.

Stahl est ainsi fier de sa mission. C'est un théoricien obstiné, philosophe médical comme je ne sache pas qu'il y en ait eu depuis.

Je viens d'exposer l'homme, venons maintenant à la doctrine.

A l'époque où l'école de Halle se constituait, période de transition, et partant d'indécision et de doute, il régnait encore un certain nombre d'idées empruntées à la tradition; mais la foi dans les anciens avait disparu : on les citait, on ne les méditait plus. Il faut cependant remonter plus haut, si l'on veut comprendre le sens de la révolution qui s'accomplit; il faut, si l'on veut pénétrer dans les profondeurs de la doctrine, s'attaquer au problème le plus ardu que soulève la philosophie médicale.

Les anciens avaient supposé dans le monde une sorte de puissance intelligente et suprême, de quelque nom qu'il plaise de l'appeler, qui avait réglé toutes choses et assigné à chacun des êtres de la création sa fonction dans l'ensemble. Le monde avait été ordonné en vue de l'homme. Le soleil s'élevait au-dessus de nos têtes pour nous éclairer et nous réchauffer, les plantes nous devaient leur ombrage; les animaux naissaient pour aider à nos besoins ou suffire à notre nourriture. Tout était conçu suivant un plan tracé d'avance, tout répondait à une destination prévue.

Cette croyance avait sa grandeur, elle ouvrait aux aspirations de la poésie le domaine qu'elle fermait à la science.

Cependant, parmi ces êtres ainsi gouvernés par l'autorité de la nature qui leur avait assigné leur emploi, un certain nombre échappait à la loi. Pourquoi ces pierres étrangement agglomérées? pourquoi ces métaux cachés dans les profondeurs de la terre? pourquoi tant d'éléments inutiles, tant d'empêchements apportés au travail de l'homme qui devait être le maître de la création?

Du jour que l'on se prit à douter, on se demanda si la cause finale suffisait à justifier l'existence de tant de matériaux improductifs, la succession de tant de phénomènes inexplicables. On chercha et l'on admit qu'il fallait reconnaître dans la nature deux puissances : l'une, la nature autocratique et prévoyante, poursuivant son but défini; l'autre, le hasard, le *fatum*, ne reconnaissant pas de destination préétablie, et laissant à l'intelligence le libre champ de l'imprévu.

Il s'agissait dans ce domaine nouveau de poursuivre la recherche des faits qui n'avaient plus de raison d'être; de substituer à la méthode philosophique l'investigation scientifique, qui ne sait que ce qu'elle a vu, qui ne raisonne pas, mais qui observe; qui ne devine pas les lois à priori, mais qui les promulgue quand elle a laborieusement constaté leur existence.

A mesure que la science dégagée de ses entraves assure sa marche, elle empiète sur le terrain des causes finales. Le nombre des êtres soumis au hasard, sans destination fixe, livrés au libre examen et dont on ne sait que ce qu'en apprend la recherche, qui sont parce qu'ils sont et non parce qu'ils doivent être, va croissant. Bientôt on se demande de quel droit on a fait deux parts, et s'il est bien nécessaire d'aller demander aux causes finales l'explication de phénomènes dont la science trouvera le dernier mot.

Cependant, si large que fût la part faite au fatum, il existe une classe d'êtres qui se soustraient aux peut-être du hasard. Pour eux, alors même qu'on ne remonte pas jusqu'au principe supérieur qui les régit, il est impossible de méconnaître qu'ils ont été constitués en vue d'une fonction. A ces êtres, on donne le nom d'êtres organisés; reconnaissant par cette dénomination, qui a cette valeur ou qui n'a pas de sens, qu'ils ont reçu une destination déterminée.

Je m'excuserais de ces généralités, si elles n'étaient indispensables à l'intelligence de la doctrine.

Il existe dans le monde, il existait pour les anciens, il existait surtout au regard des médecins philosophes du XVIII^e siècle, toute une classe d'êtres qui, sans échapper aux lois physiques et chimiques, s'isole des substances inorganiques et relève d'une cause finale.

Stahl s'empare magistralement de ces idées; il y entre de plain-pied et va droit au principe. Un esprit de cette trempe n'abaisse pas les problèmes pour adoucir la pente qui mène à la solution. Quelles que soient ses erreurs, quels que soient les excès où le portent ses qualités, il a la hardiesse qui se complaît au danger. La première question qu'il pose, et de sa solution va dépendre la théorie de la médecine, c'est celle-ci : Qu'est-ce qu'un être organisé?

L'eau qui coule dans les rivières, le vent qui souffle à la surface des mers, obéissent aux lois fatales de la nature. L'eau suit le mouvement que lui imposent les conditions physiques qui règlent son écoulement; le vent est poussé suivant des combinaisons qui nous échappent, mais qui n'ont ni raison d'être, ni destination. Un jour, un homme vient : il enferme dans un canal cette rivière qui coulait au gré des lois physiques; il oppose à son cours un obstacle qui la modère; il l'oblige à lui fournir juste la quantité de force qui convient à ses besoins. Au-dessous de la digue, il installe une roue; au-dessus de la roue, un moulin. A la fatalité, il substitue l'organisation; il remplace le hasard par la prévision, l'à posteriori par l'à priori.

Le marin sait bien que le vent souffle impétueux ou timide, mais toujours indomptable; il n'a pas l'orgueil de dominer ses hasards : à son frêle navire il attache un mât, à son mât une voile; à l'arrière, il appose un gouvernail, et, sans qu'il ait songé à créer une force nouvelle, le vent devient un instrument à son usage.

A partir de ce moment, la rivière n'est plus la rivière, le vent n'est plus le vent : tous deux n'appartiennent

Digitized by Google

plus au monde fatal, ils sont des instruments ou, ce qui est synonyme, des organes.

L'organisation commence du moment qu'une intelligence est intervenue, et que, sans commander aux forces sur lesquelles elle n'a pas d'action, elle a mis en plus, et comme un facteur nouveau, la prévoyance.

Or, qu'est-ce, en serrant toujours de plus près le problème, qu'un être organisé? Une machine construite de telle sorte que, d'une part, elle n'a pas d'autres forces que celles qui sont inhérentes à la matière, que ses éléments ne sont pas soustraits aux lois imprescriptibles de la physique et de la chimie, mais qu'elle a sa raison d'être. L'animal a des yeux pour voir, des oreilles pour entendre, des membres pour agir. Je le sais, je le savais à priori avant que l'expérience m'eût instruit des procédés par lesquels s'accomplissent ces fonctions. La science a donné le comment, nous ne l'avions pas attendue pour affirmer le pourquoi.

L'être organisé emprunte au monde extérieur les éléments de son activité; il est soumis à toutes les combinaisons, obligé à tous les échanges; mais il est organisé, c'est-à-dire qu'à priori il doit se servir, conformément à leur destination, des instruments ou des organes dont il a été doté. A ce titre, il se sépare du reste de la création; il a sa science à part comme il a ses moyens et son but.

C'est sur cette distinction fondamentale, sur cette conception de l'organe et de l'être organisé, que repose la doctrine de Stahl : *Theoria medico- organica.*

Parmi les êtres organisés, l'homme tient le premier rang; il représente l'expression la plus haute de l'organisation; il doit avoir un but à atteindre, une mission à remplir, ou autrement il est la plus impossible des existences, une machine sans destination. La montre que vous portez dans votre gousset perd son nom le jour où elle ne marque plus les heures; elle rentre dans la condition des métaux qui la composent, et ne reconnaît pas d'autres lois que celles qu'il appartient au physicien de déterminer. Lorsqu'au lieu d'être muette, elle donne l'heure, si soumise qu'elle soit aux influences des agents physiques et chimiques, elle leur échappe par un côté : ce n'est plus le physicien qui la règle, ce n'est plus le chimiste qui en décide; en tant que montre, elle revient de droit à qui? à l'horloger.

Stahl, la première fois qu'il introduisit dans la science ce personnage nouveau de l'horloger, n'apporta pas seulement une métaphore, il imposa, sous une forme saisissante et populaire, un principe qu'il va poursuivre dans toutes ses conséquences et qu'il ne délaissera pas avant d'avoir épuisé ses applications.

L'organisme humain, lui aussi, doit être réglé suivant sa fin. Il obéit aux variations obligées de la matière; mais la matière qui le compose ne rend pas compte de son mode d'existence. A ce mécanisme complexe, multiple, délicat, il faut non plus un observateur qui constate, mais un ouvrier qui, sachant les usages et le pourquoi des organes, les corrige, les incite ou les ralentisse. Cet homme, l'horloger de la machine humaine, c'est le médecin. Lui seul l'a étudiée au point de vue de sa destination vraie; lui seul a eu intérêt à approfondir le jeu des rouages, à méditer sur l'emploi de ses organes, à apprendre l'utile et l'inutile, le nuisible et l'avantageux.

Et voilà comment, à la suite de ce maître de la pensée, le médecin entre dans la science, non pas comme un accessoire, mais comme une autorité nécessaire. Il emprunte aux savants de même que l'organisme emprunte aux forces de la matière; mais il ne partage ni n'abdique. Lui seul a le droit de dire : Je ne sache personne qui connaisse de l'organisme au même titre que moi; nul autre n'a charge de sa destinée. On interroge le physicien et le chimiste, on ne les consulte pas. Le médecin est là pour son propre compte, son savoir est à lui et son expérience est sans analogues.

Le corps de l'homme ainsi construit, ainsi ordonné, n'est organisé que parce qu'il a une destination, c'est la condition suprême : hors de là il est matière. Eh! messieurs, qui le sait mieux que vous? Le jour où l'homme est devenu le cadavre étendu sur la table de nos amphithéâtres, quand il a cessé d'appartenir à la vie pour rentrer confondu dans le monde inanimé, vous l'avez vu dépouillé de cet attribut étrange, incompréhensible, qui s'appelle la vie. Lui, qui tout à l'heure avait ses lois propres, ses attractions et ses répulsions, ses fonctions qu'il accomplissait plus ou moins, il va subir la plus triste, la pire des décompositions auxquelles il vous soit commandé d'assister. A peine la vie s'est-elle retirée de lui, à peine a-t-il perdu ses droits à l'organisme, que les nécessités de la matière s'emparent de lui.

La putréfaction commence d'emblée, et elle semble avoir revêtu là un plus triste caractère que celui qu'elle aurait partout ailleurs. Il est impossible d'être le spectateur indifférent de l'immense distance qui sépare l'individu vivant de l'individu mort. Il y a des sentiments que, grâce à Dieu, la science n'a pas le devoir d'annuler.

Du moment où l'homme a été exclu par la mort de la classe des êtres organisés, il est rejeté dans le vaste creuset où doivent se confondre et disparaître toutes les choses de la nature. Mais ces forces auxquelles il paraît succomber, contre lesquelles il a semblé, par une image familière aux médecins, lutter pendant la vie, elles n'avaient ni cessé ni suspendu leur action fatale. Elles gardaient leur autocratie à laquelle il n'est donné à aucun être créé de se soustraire, et cependant le corps se conservait et se maintenait sans être entamé par cette corruption toujours imminente.

Qu'est-ce donc que la vie?

C'est cette résistance, cette conservation quand même, ce maintien. Si bien que la définition de la vie sort de l'école sous cette formule d'un aspect scolastique : La vie c'est la conservation du corps corruptible qui dure sans que cesse sa corruptibilité. La fatalité de la matière est toujours là, vigilante et active, mais il existe un je ne

Digitized by Google

sais quoi qui l'élude jusqu'au jour où la vie lui cédera la place et où la mort lui rendra son empire.

Voilà donc les deux éléments essentiels de l'organisme définis et constitués. D'un côté, l'agrégat matériel et brut muni des forces inhérentes à la matière, de l'autre, la machine avec ses organes, résistant et remplissant, malgré tout, sa fonction : à savoir la vie.

De notre temps, il s'est trouvé des médecins assez chimistes et des chimistes assez philosophes pour comparer l'organisme vivant à une machine à vapeur. Le combustible introduit et brûlé par la respiration, sans cesse renouvelé dans le foyer qu'il alimente apporte la chaleur et le mouvement. Le moteur est au centre et les organes dociles agissent sous son impulsion. Ah ! s'il avait été donné à Stahl de connaître cette hardie comparaison, avec quelle ardeur il en eût accueilli l'idée ! Oui, ce que vous dites est pris de haut, c'est la vérité vraie. L'homme est une machine qui tient sa vie du dehors, qui n'agit qu'à la condition qu'on lui fournisse ses matériaux. Vous avez vu juste, vous avez compris le moteur et sa transmission, vous avez fait à chaque facteur sa part, vous n'avez oublié qu'une chose, une seule : le chauffeur.

En fait, comment cette machine va-t-elle à son but, d'où vient que sa puissance s'arrête, qu'elle s'accroît ou qu'elle se modère en proportion des besoins ? Est-ce le charbon qui vient de lui-même se présenter à l'orifice aux heures opportunes ?

Stahl ne sait jamais s'arrêter à mi-chemin, il se demande qui est chargé de veiller, de proportionner les forces actives aux effets qu'elles doivent produire. Quel régulateur aussi essentiel que le moteur et le mouvement, intervient pour mettre son intelligence au service du mécanisme, pour inciter ou ralentir la marche de cette machine vivante qui n'a pas sa pareille au monde. Où le chercher, où le trouver? Au-dessus ou à côté des forces qui régissent la matière, il lui en faut une qui régisse l'organisation, qui ne crée rien, qui ne dispose d'aucun agent nouveau, mais qui dirige et qui gouverne. C'est alors, contraint par la logique et comme malgré lui, que cet esprit positif avant tout, adversaire impitoyable des entités de convention, installe dans l'organisme une sorte de pouvoir exécutif, ou, pour garder la comparaison, un chauffeur intelligent qui ne peut être que l'*âme*.

Avec ce dernier terme, sa théorie physiologique est bien près d'être achevée.

L'homme est un organisme ; matière, il se conforme aux lois de la matière ; organisme, il a une destination qui est de vivre, une intelligence ou une âme qui veille à ce qu'il ne s'écarte pas de son but.

La science de notre temps n'aime pas ces audaces, elle tient moins à escalader les hautes régions qu'à les gravir d'un pas lent et sûr. La notion de la vie, elle la cherche dans son expression la plus réduite, dans les êtres où elle se manifeste à ses moindres degrés ; plus elle a abaissé le niveau de cette inconnue qui la trouble, plus elle se sent à l'aise sur le terrain des phénomènes physico-chimiques, son véritable domaine, où les sentiers lui sont familiers.

Stahl n'a pas de raison pour procéder avec tant de réserve. Les théories mécanico-chimiques de ses contemporains, leurs explications physiologiques empruntent plus à l'imagination qu'à l'expérience et se payent de subtilités enfantines. Hardiesse pour hardiesse, il lui convient mieux d'aller droit à la manifestation la plus complexe de la vie, et il demande la solution du problème à l'homme comme au plus vivant de tous les êtres. C'est là, dans la personnalité intelligente la plus achevée, qu'il puise les éléments de sa démonstration, n'éliminant rien, ne détournant les yeux d'aucune des faces de la question, et ne se tenant pour satisfait que quand il a associé dans une synthèse indivisible les deux éléments dont se compose l'*homo duplex :* la matière organisée et la volonté intelligente.

Des actes qui s'accomplissent en nous, il en est dont nous savons seulement qu'ils s'exécutent, mais il en est d'autres sur lesquels nous nous sentons mieux renseignés.

Qu'un objet extérieur vienne frapper nos sens, il agit par son contact. L'onde sonore a fait vibrer le tympan, l'ébranlement s'est transmis au cerveau, et le phénomène s'impose à nous. Si le bruit est léger, si celui qui le perçoit est distrait, ou qu'il lui plaise d'être indifférent, tout disparaît avec la sensation. Que ce bruit léger éveille son inquiétude, l'impression n'a pas varié, mais l'homme s'émeut ; il met en jeu toutes ses ressources ; il va, vient ; il appelle à son aide ses organes et n'a ni repos ni trêve, jusqu'à ce qu'il ait apaisé son anxiété curieuse. Comment rendre l'impression responsable à la fois, et au même titre, et d'une perception passive et d'une activité si mouvante. Comment, se demande Stahl, excuser cette inexplicable contradiction, si l'on n'accorde à l'homme un pouvoir intelligent qui conçoit, une volonté qui exécute, une autocratie qui gouverne ses actions. Comment admettre que dans l'homme tout est fatal, et qu'organisés ou non, les êtres se ressemblent de tout point, sauf la stabilité et la multiplicité des combinaisons ?

A l'acte obligé, il oppose l'action volontaire, l'arbitraire, pour prendre son langage, à la fatalité, et avec une infatigable persévérance, il en poursuit l'analyse. Il montre le mouvement s'exécutant au gré de celui qui l'a voulu, suspendant à son caprice les lois de la pesanteur, il faut voir l'individu, imprimant à ses muscles juste la force qu'il faut pour lancer la fronde ou pour soulever un fétu, et cela sans avoir rien appris, ni de la structure de ses membres, ni des lois de la physique, ni des moteurs qu'il met en œuvre.

Puis quand Stahl a ainsi glorifié la volonté, exalté l'intelligence, il a peur, il recule devant les entraînements de sa pensée. Cette âme, complément de l'organisme, ne va-t-elle pas absorber l'organisme tout entier, et commander à la matière au lieu de profiter de ses puissances ?

Digitized by Google

Si Stahl eût commis cette faute, qu'on ne se lasse pas de lui reprocher, il eût peut-être mieux servi sa gloire. Philosophe, il aurait été classé au rang des maîtres dont les écrits se commentent, et dont les doctrines se racontent de générations en générations. Mais, si philosophe qu'il soit, il est, avant tout, un penseur qui médicine, aimant la médecine par-dessus toutes choses, et ne croyant à la valeur des idées que quand elles sont utiles au médecin. C'est par l'histoire de la fièvre tierce, dit-il, que j'ai été conduit à comprendre la vie de l'homme, et et c'est par la science de la vie que je veux arriver à comprendre la fièvre tierce. Aussi son âme perd peu à peu le meilleur de son idéalité; attachée à la substance corporelle par un lien indissoluble, elle lui emprunte plus encore qu'elle ne lui donne, elle n'est que la servante maîtresse qui a plus d'occasions d'obéir que de commander. Ce n'est pas lui qui, au moment de franchir le seuil et de contempler enfin la vie dans son essence immatérielle, sent faiblir son courage et défaillir sa foi, ce n'est pas lui qui eût donné à son système organicien le nom perfide d'animisme.

Il a composé sa machine vivante, instruments, but, direction, mais il manque un dernier élément pour la compléter. La machine est construite; la chaudière bout, la vapeur est engendrée, les organes sont prêts à fonctionner; que va-t-il se produire de plus? Le mouvement. C'est le mouvement qui maintient, qui conserve la vie, et qui enchaîne les lois physiques; c'est par l'étude des mouvements que le passage se fait, dans son esprit, de la physiologie à la médecine.

Le mouvement, terme générique usité par tous les physiologistes du XVII^e siècle, et emprunté par eux aux physiciens, leurs contemporains, a son expression la plus directe et la plus saisissante dans la circulation; le cœur bat incessamment et renvoie le sang qu'il a reçu; la chaleur, la constitution chimique du sang sont sous la dépendance de cette mobilité nécessaire à la vie. Que le sang s'arrête, et à l'instant, il a perdu ses propriétés; ses combinaisons cessent, sa consistance change, ses affinités sont autres. Mais à ce mouvement, l'âme dirigeante n'a rien à voir. Le cœur bat sans nous, malgré nous; il est de tous les organes celui qui se prête le moins à l'arbitraire. C'est là, du premier mot, une pierre d'achoppement.

Stahl était non-seulement un esprit profond, mais, comme tant d'autres philosophes, c'était aussi un homme habile. Il s'étonne que la plus importante de toutes les fonctions, la circulation, échappe ainsi au gouvernement de la volonté. Alors laissant de côté toutes les hypothèses à priori, il pénètre au vif de la médecine proprement dite et à la place d'une théorie pleine de conjectures, il établit un fait définitif qui, une fois entré dans la médecine, n'en sortira plus et qui projette une vive lumière sur la physiologie pathologique.

En dehors de la grande circulation qui s'accomplit avec le cœur pour centre et les vaisseaux pour agents secondaires, il existe une circulation d'un autre ordre dont le pouls ne donne ni le rhythme ni la mesure, qui n'a ni uniformité ni rigueur monotone. C'est sur ce terrain mal exploré que Stahl appelle la recherche, il y revient sans cesse et sous les formules les plus diverses, à propos de la doctrine, à l'occasion des cas particuliers. Les images, dont il n'abuse guère, ne lui coûtent pas pour fixer les esprits. Tantôt il compare cette circulation au flux et au reflux de la mer : « *de æstu maris microcomici* » ; tantôt il insiste sur la tonicité : « *motus tonico-vitalis* » ; tantôt sur la nature des mouvements et sur leurs effets ou sur les changements qu'ils produisent dans la crase du sang.

Entre les artères et les veines est interposé tout un ensemble d'appareils, système capillaire des modernes, tissu spongieux plus ou moins réceptif où viennent aboutir les dernières ramifications, d'où partent les premiers ramuscules des grands vaisseaux. Là est en réalité l'officine où le fluide sanguin s'élabore. La grande circulation s'y épuise quand le tissu capillaire se dilate et fournit un déversoir, elle s'y ravive quand il se contracte pour résister à la pression. Il n'est pas un réceptacle passif, mais une substance vivante, libre de ses mouvements, contractile, recevant ou refusant le sang que les vaisseaux lui empruntent ou lui apportent. Le flux et le reflux du sang dans le tissu intermédiaire est soumis à des variations dont la circulation centrale subit de loin le contre-coup, mais qu'elle ne régit pas.

C'est là, dans le mouvement tonique, qu'il faut chercher les premières manifestations par lesquelles s'essaye la maladie, c'est là qu'il faut s'adresser pour la combattre à son début avant que de simple fluxion elle soit devenue la lésion définie. Le médecin a pour devoir non-seulement d'en constater l'existence, mais d'en déterminer les lois, car rien dans le corps humain ne se fait à l'aventure; vous pouvez détacher les parties du tout pour les commodités de l'étude mais à la condition que vous aurez hâte de les faire rentrer dans l'ensemble.

La meilleure gloire de Stahl, ou tout au moins la plus indiscutable, est d'avoir essayé la théorie de ces congestions partielles, de leur mode de production, de leur influence sur le mouvement du sang et, comme on disait alors, sur son épaississement et sa déliquescence, de leurs conséquences diverses, suivant la structure et la fonction des organes : hémorrhagies, sécrétions augmentées ou diminuées, tension fluxionnaire des parties, altérations et dégénérescences.

Lui-même a raconté comment il avait été conduit à ces données qui résument sa médecine. Il rapporte qu'étant enfant il avait vu un de ses parents, goutteux et demi perclus, guérir à la suite d'un accident dont on lui cachait la nature. Plus tard il apprit que les congestions des reins, que les flux goutteux des jointures avaient été remplacés par un flux hémorrhoïdal. Et alors, avec cette ardeur inquiète et chercheuse dont je vous ai marqué

Digitized by Google

les grands traits, il poursuit, il creuse, il travaille, et ce fait est la clef qui lui ouvre la porte de la théorie générale.

Les maladies aiguës débutent par des fluxions évidentes, mais les maladies chroniques ne trouvent-elles pas leur explication dans d'autres modes du *motus tonico vitalis?*

Stahl a tracé magistralement le tableau des maladies chroniques qui relèvent, non pas de la grande mais de la petite circulation. Un individu a d'abord une congestion rénale, le sang afflue dans le tissu capillaire, la sécrétion est modifiée, altérée. C'est la gravelle qui commence la scène que viendra peut-être plus tard terminer un calcul. La gravelle a ses fluctuations; mais bientôt le malade souffre de digestions difficiles, de flatuosités qui l'oppressent, de malaise abdominal, d'inquiétudes, de spasmes, d'angoisses, le système de la veine porte est troublé dans son mouvement tonique, c'est la gravelle hépatique ou l'hypochondrie. Un jour il se plaint d'une douleur inconnue dans le gros orteil, de chaleur de tension congestive, la goutte a fait son apparition. Puis les hémorrhoïdes, les diarrhées sans inflammation, l'asthme et le reste. Dans cette série où la fluxion sanguine a changé de nom chaque fois qu'elle changeait de siége, la grande circulation n'intervient pas, elle garde sa solennelle régularité, redoublant seulement de vitesse ou ralentissant sa marche selon le mouvement que lui imprime cette *vis à tergo.*

J'ai esquissé à grands traits cette doctrine, qui n'a pas ses racines dans la philosophie mais dans l'observation médicale; j'ai essayé de vous faire voir sur quels principes elle repose, quelles conséquences pathologiques elle entraîne. Je ne me dissimule ni les imperfections ni les insuffisances d'un exposé rapide que je ne suis pas maître de compléter.

Le grand côté du système comme de tous les systèmes vitalistes, c'est d'avoir rehaussé la dignité de l'homme et d'avoir exalté la mission du médecin. Il y a, dans ce respect de la vie, une grandeur de sentiment qui vous pénètre, une aspiration élevée hors de laquelle il n'y a ni médecine ni médecin. La vie, pour nous, c'est l'œuvre capitale, l'arche sainte. Quand le malade vous mande près de lui, qu'il vous invoque comme la Providence, il vous dit, de son geste ou de la parole : Je vous ai appelé pour me soulager ou me guérir. Considérez-moi, l'homme malade, l'homme vivant, comme le plus pressant de vos problèmes, comme la première de vos inquiétudes, comme le plus noble de vos soucis.

Pour le physicien ou le chimiste, tout est bien, ou plutôt rien n'est bon ou mauvais; l'utile et le nuisible sont des mots exclus de leur vocabulaire. Que leur fait que l'acide carbonique se combine ou non avec les bases, que leur importe que les astres roulent de la façon qu'il leur plaît. Ils constatent à posteriori les phénomènes qui s'accomplissent; ils les enregistrent et les classent; ils ont raison, c'est leur droit, c'est leur mandat.

Pour nous, du jour où la médecine s'est affirmée, elle n'a justifié son existence qu'en posant parmi les choses de son savoir deux éléments essentiels, qui troubleraient la sérénité des autres sciences. L'un s'appelle le bien-être, la santé, la joie de l'individu et de la maison; l'autre, la maladie, le mécontentement, la tristesse ou la terreur : le bien opposé au mal. Dès le moment où nous touchons le pouls du malade, nous pensons : il est mauvais que cet homme souffre, et nous lui donnons des remèdes ou des paroles consolantes. Arbitres du médicament, nous nous séparons encore du physicien qui, assujetti aux lois fatales de la matière, n'a mission, ni de les éluder, ni de les combattre.

Du point de vue du vitalisme, l'homme se présente à nous comme une unité indissoluble. Sa personnalité n'est pas une convention, mais la condition première de l'existence, rompre l'individualité, c'est nier le principe même de la vie. Plus la pensée s'arrête sur l'ensemble harmonieux de l'être vivant, moins on consent à y voir une agrégation fortuite d'organes indépendants; pour assurer l'autocratie du principe vital, il faut que toutes les parties reconnaissent son autorité et soient solidaires.

Ainsi prise de haut, la médecine, science de l'homme un et indivisible, ne se résigne pas à faire des maladies autant de produits parasitaires, végétant isolément sur le point où le hasard a déposé leurs germes, bons à classer comme les plantes, sans tenir compte du sol où ils prennent racine. La médecine est la médecine, et non pas la nosologie.

Enfin, pour qui veut entendre le vitalisme organique à la façon de Stahl, l'organe, instrument d'une fonction, doit la remplir; s'il l'accomplit, tout est bien; s'il y manque, il a mal agi. La notion de l'utile et du nuisible n'est pas une concession faite aux caprices du malade; elle s'impose au médecin comme elle commande à l'ingénieur; constater le fait sans tenir compte du but; noter les mouvements; analyser les rouages sans se demander s'ils conviennent à leur destination, c'est oublier la vie, méconnaître l'idée fondamentale de l'organicisme, et nier du même coup la mécanique et la médecine.

J'ai dit les beaux côtés. Tournons la médaille.

Si le vitalisme donne à la vie une solennité qu'elle n'a pas dans les autres doctrines, c'est qu'il prend son type dans la sphère la plus élevée où il nous soit permis d'atteindre. L'homme physique est construit sur le modèle de l'homme moral; au-dessus des organes qui se meuvent, et de la matière qui s'agite, trône un principe supérieur qui les mène. Qu'on l'appelle l'âme ou la nature prévoyante, il a les attributs de l'intelligence et du sens moral. Les lois qu'il promulgue peuvent se codifier, mais elles sont antérieures à tous les codes, absolues, imprescriptibles. Absorbé dans la contemplation, le vitaliste dédaigne le monde extérieur; il est toujours plus près de la foi que du doute qui est le commencement de



Digitized by Google

la science; sa doctrine a les dogmes d'une Église et les intolérances d'une religion.

Laissez-moi vous résumer sous une forme mystique l'antagonisme des deux écoles opposées : le vitalisme et le matérialisme, pour prendre ce terme en dehors de toute mauvaise acception. Le vitalisme, c'est Marie assise aux pieds du Seigneur, absorbée, étrangère au reste du monde; le matérialisme, c'est Marthe, qui reste dans la vie réelle, et pourvoit aux soins de la maison.

Plus la vie est une œuvre achevée, plus le principe qui préside à ses destinées a de prévoyante sagesse, plus il faut qu'on sente les effets de sa puissance bienfaisante. L'optimisme est l'aboutissant obligé du système. La maladie ne se comprend pas; elle n'a pas plus d'excuse que le vice; on la tolère, mais il semble qu'elle ne se soit glissée dans l'économie que par fraude, dans un moment où la vigilance du principe vital sommeillait. Chaque fois qu'il constate une lésion ou un désordre, le vitaliste serait tenté de penser ce que disait le peuple sous les régimes absolus, à toutes les exactions des agents subalternes : Ah! si le roi le savait.

A force d'être assuré qu'il tient en main toute la vérité, le vitalisme jette à peine un regard de dédain sur les modestes événements qui se passent dans les régions infimes de l'organisme. Comment voulez-vous qu'un homme qui démontre complaisamment avec quelle habileté nous faisons mouvoir des muscles, dont nous ne savons ni la forme, ni la structure, ni la fonction, s'applique à pénétrer dans les secrets intimes de l'anatomie.

Stahl, avec sa verve critique, n'a pour les anatomistes que des mots insultants. Lui qui fut avec Becher, le chimiste le plus illustré de son époque, à ce point que le grand honneur de la théorie de Lavoisier fut tout d'abord d'avoir détrôné la doctrine stahlienne du phlogistique, il raille aussi impitoyablement la chimie, science agréable, mais qui n'a rien à faire avec la médecine : *Nego ad medicinam facere.*

A force de nier le monde extérieur et de le traiter, sinon en ennemi, du moins en étranger, le vitalisme, qu'il sorte de l'École de Montpellier ou de la petite Université de Halle, exclut peu à peu de la science nos meilleurs moyens de connaître. Immuable dans sa foi, il repousse le progrès, qui le condamne à son tour et passe outre à ses objections. De part et d'autre est-ce justice? Je ne juge pas le fait, je l'expose.

J'aurais voulu vous montrer face à face, en présence dans les deux chaires parallèles, les deux doctrines rivales, celle de Stahl et de Frédéric Hoffmann. Le temps ne me l'a pas permis. Hoffmann, du reste, est d'un plus facile accès, et vous pourrez l'étudier aisément dans ses ouvrages. C'est l'homme de notre temps. Empruntant à Stahl l'idée fondamentale qu'il convient d'écarter de la médecine, tout ce qui lui est étranger, la première chose qu'il en écarte c'est l'âme. Les lois qui président à la matière n'ont pas d'exceptions dans le corps humain; les actions volontaires, les passions et les mouvements de l'âme nuisent plus qu'elles ne servent, et troublent les actions du corps. La circulation, qui pour lui aussi résume la physiologie, est réglée par les lois de l'hydraulique. Il marche dans cette voie sans détourner les yeux, sans être découragé par les absurdes fantaisies des physiciens et des chimistes contemporains; sa foi n'est pas dans le présent, mais dans l'avenir.

Je m'arrête. Il m'a paru qu'en retraçant devant vous, à grands traits, l'esprit plutôt que la lettre de la doctrine de Stahl, en rendant justice à un homme qui n'a trouvé justice nulle part, je remplissais presque un devoir pieux. Je sais ses erreurs, ses fautes et ses dangereux entraînements; mais quelle grandeur, quelle aspiration vers le vrai, quel zèle!

Stahl s'est plaint amèrement qu'on le dédaignât parce qu'au lieu de redescendre la science, il posait des problèmes inaccessibles à la plupart des médecins de son temps. Il a dit de lui-même qu'il était : *Vox rauca in deserto.* Votre affluence et votre attention sympathique sont déjà une réparation pour sa mémoire. Si la voix rauque est restée, on ne pourra plus dire qu'elle prêche dans le désert.

LASÈGUE.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

## PHYSIOLOGIE.

### CONFÉRENCE DE M. CLAUDE BERNARD (1)
(de l'Institut).

**Les fonctions du cœur et ses rapports avec le cerveau.**

« Pour le physiologiste, le cœur est l'organe central de la circulation du sang, et, à ce titre, c'est un organe essentiel à la vie; mais par un privilége singulier, qui ne s'est vu pour aucun autre appareil organique, le mot *cœur* est passé, comme ces idées que l'on s'est faites de ses fonctions, du langage du physiologiste dans celui du poëte, du romancier et de l'homme du monde, avec des acceptions fort différentes. Le cœur ne serait pas seulement un moteur vital poussant dans toutes les parties de notre corps le liquide sanguin qui l'anime; il serait aussi le siége et l'emblème des sentiments les plus nobles et les plus tendres de notre âme. L'étude du cœur humain ne serait donc pas uniquement le partage de l'anatomiste et du physiologiste; elle devrait aussi servir de base à toutes les conceptions du philosophe, à toutes les inspirations du poëte et de l'artiste.

» Il ne s'agira ici que du cœur anatomique, c'est-à-dire du cœur étudié au point de vue de la science physiologique purement expérimentale : vous ne pouvez attendre autre chose de moi. Mais cette étude rapide

(1) Cette conférence a servi de base à une *Étude sur la physiologie du cœur*, publiée tout récemment par M. Claude Bernard dans la *Revue des deux mondes*.

Digitized by Google

que nous allons faire des fonctions du cœur devra-t-elle renverser les idées généralement reçues? La physiologie nous enlèvera-t-elle nos illusions en nous montrant que le rôle sentimental attribué au cœur dans tous les siècles n'est qu'une fiction purement arbitraire? En un mot, aurons-nous à constater une contradiction complète et péremptoire entre la science et l'art, entre le sentiment et la raison?... Je ne crois pas, quant à moi, à la possibilité de cette contradiction. La vérité est une et ne saurait différer d'elle-même : la vérité du savant ne peut donc pas contredire la vérité de l'artiste. Je crois, au contraire, que la science qui coule de source pure deviendra lumineuse pour tous, et que, partout, la science et l'art doivent se donner la main en s'interprétant et en s'expliquant l'un par l'autre. Je pense enfin que, dans leurs régions élevées, les connaissances humaines forment une atmosphère commune à toutes les intelligences cultivées, atmosphère dans laquelle l'homme du monde, l'artiste et le savant doivent nécessairement se rencontrer et se comprendre.

» Je ne chercherai donc pas à nier systématiquement au nom de la science tout ce que l'on a pu dire, au nom de l'art, sur le cœur considéré comme organe destiné à exprimer nos sentiments et nos affections. Je désirerais, au contraire, si j'ose ainsi dire, pouvoir affirmer l'art par la science, en essayant d'expliquer, au moyen des connaissances physiologiques, ce qui n'a été jusqu'à présent qu'une simple intuition de l'esprit. C'est là, je le sais, une entreprise très-difficile et peut-être même téméraire, dans l'état encore si peu avancé aujourd'hui de la science des phénomènes de la vie. Cependant la beauté de la question et les lueurs que la physiologie me semble déjà pouvoir y jeter, tout cela me détermine et m'encourage. D'ailleurs, il ne s'agit point ici d'entrer dans tous les détails d'une étude analytique et expérimentale avec la prétention d'être complet; c'est une simple tentative; et il me suffira d'exprimer mes idées physiologiques en les confirmant par les faits les plus clairs et les plus précis de la science. J'envisagerai ainsi la physiologie du cœur d'une manière générale, mais en m'attachant plus particulièrement aux points qui me semblent propres à éclairer la physiologie du cœur de l'homme. »

Après ce préambule, qui indique nettement l'esprit de cette conférence, M. Claude Bernard la divise en deux parties, l'une relative aux fonctions du cœur, l'autre aux rapports de cet organe avec le système nerveux en général et plus particulièrement avec le cerveau.

Le cœur est essentiellement une machine motrice vivante, une véritable pompe foulante destinée à lancer dans tous les organes un liquide particulier, le sang, qui les nourrit et provoque leur entrée en fonction. Ce rôle mécanique caractérise suffisamment le cœur, et à tous les degrés de l'échelle animale, malgré les variations considérables de complication qu'il présente, il accomplit toujours et nécessairement cette fonction d'irrigateur organique.

Au point de vue anatomique, le cœur est un viscère, c'est-à-dire qu'il fait partie des appareils de nutrition situés dans les cavités splanchniques du corps. Placé au milieu de la poitrine, entre les deux poumons, cet organe a la forme d'un cône renversé dont la base est fixée par les gros vaisseaux (artères et veines) qui charrient le sang, et dont la pointe, libre, inclinée en bas et un peu à gauche, vient se placer au-dessous du sein gauche entre la cinquième et la sixième côte. Voilà pour la forme générale du cœur. Quant au tissu qui le compose, c'est du tissu musculaire ; et les anatomistes l'appellent un muscle creux, parce qu'il comprend dans son intérieur des compartiments ou cavités remplies de liquide sanguin et en nombre variable suivant la division du règne animal que l'on considère. Chez l'homme, comme chez les autres mammifères et aussi chez les oiseaux, ces cavités sont au nombre de quatre, ainsi que vous pouvez le voir sur ces représentations plastiques du docteur Auzoux : d'abord deux *oreillettes* placées à la base du cœur, l'une à droite, l'autre à gauche, et recevant de gros tuyaux nommés *veines* qui leur ramènent le sang des différentes parties du corps ; puis deux *ventricules* situés au-dessous des oreillettes et remplissant la pointe du cœur; ces ventricules sont destinés à chasser le liquide sanguin dans toutes les parties du corps, et pour atteindre ce but, ils sont en communication avec un autre système de tuyaux qu'on appelle les *artères*. Une cloison longitudinale et de bas en haut sépare l'oreillette et le ventricule du côté droit de l'oreillette et du ventricule du côté gauche, de sorte que le cœur de l'homme est constitué en réalité par la réunion de deux cœurs distincts formé chacun d'une oreillette et d'un ventricule et situés l'un à droite, l'autre à gauche de la cloison médiane. Chaque oreillette communique avec le ventricule correspondant par une ouverture qui peut se fermer au moyen d'une série de membranes ou valvules formant une sorte de soupape et dont la description détaillée serait trop longue à faire ici. Cette valvule, placée entre le ventricule et l'oreillette, est appelée pour cette raison *auriculo-ventriculaire*. Il y a encore à l'orifice de sortie du sang, au débouché du ventricule dans l'artère, une autre soupape disposée d'une manière un peu différente et qu'on a nommée *valvule sigmoïde*.

Il ne serait donc pas exact de dire que l'homme n'a qu'un seul cœur; il en a deux accolés l'un à l'autre, et qu'on peut appeler, d'après leur position relative, le cœur gauche et le cœur droit, ou encore le cœur à sang rouge et le cœur à sang noir. Chacun de ces cœurs joue un rôle bien différent. Le cœur gauche reçoit le sang pur et rutilant qui lui arrive des poumons par les veines pulmonaires; il le fait passer de son oreillette dans son ventricule et de là le lance dans toutes les parties du corps où il sert à la nutrition des divers organes. Ce sang devenu noir et impur dans les organes en revient

Digitized by Google

par les veines caves qui l'amènent au cœur droit, et celui-ci le lance dans le poumon où il redevient rutilant et propre à nourrir nos tissus. En un mot, le cœur gauche préside à la distribution du liquide vital dans l'organisme et le cœur droit à la revivification de ce liquide après l'acte de la nutrition. La figure schématique que l'on projette sur le tableau représente l'ensemble de la circulation. Vous y voyez teintée en rouge la circulation du sang rouge et en bleu la circulation du sang noir; ces deux circulations se rejoignent par des réseaux de vaisseaux capillaires représentés aussi schématiquement; enfin, les deux cœurs sont vus suivant une coupe médiane de haut en bas qui laisse apercevoir l'intérieur des oreillettes et des ventricules, ainsi que les valvules servant à régler les mouvements du sang.

Le cœur distribue donc la vie à toutes les parties de notre corps, puisqu'il leur envoie le liquide nourricier qui leur est indispensable pour accomplir leurs fonctions. Ce liquide nourricier, c'est le sang, et, au moins pour les vertébrés, on peut dire que sa composition reste sensiblement la même. Suivant la nature des aliments et leur mode de préhension, les zoologistes distinguent des carnivores, des herbivores, des frugivores, des granivores, etc.; mais toutes ces variations spécifiques disparaissent quand on descend jusqu'au phénomène intime de la nutrition. La physiologie générale nous apprend en effet que ce qui se nourrit dans un animal, ce n'est pas, à proprement parler, l'animal lui-même, en bloc et dans son individualité, mais chacun des éléments histologiques composant ses organes. Or, ces éléments histologiques sont les mêmes dans toutes les divisions du règne animal, et partant ils vivent et se détruisent d'une façon identique. On pourrait en quelque sorte les comparer aux matériaux que l'homme emploie pour élever ses monuments. L'édifice ne subsiste que par l'intégrité de chacune des pierres qui le composent, et lorsqu'il s'écroule de vétusté, ce n'est pas que la forme idéale imaginée par l'architecte soit détruite, c'est seulement que les pierres se dégradent sous l'action des influences extérieures.

Pour le physiologiste, ce n'est pas non plus le type animal qui vit et meurt, mais seulement les matériaux organiques qui le constituent. Et de même qu'un architecte, avec des matériaux ayant tous les mêmes propriétés physiques, peut construire des édifices très-différents les uns des autres dans leurs formes extérieures, de même aussi la nature avec des éléments organiques possédant identiquement les mêmes propriétés physiologiques, a su faire des animaux dont les organes sont prodigieusement variés.

La diversité considérable d'alimentation que présentent les animaux ne peut donc entraîner aucune différence essentielle dans la nutrition organique; et en effet, chez tous les animaux comme chez l'homme, les éléments organiques et les tissus vivants sont *sanguinaires*, c'est-à-dire qu'ils se nourrissent du sang dans lequel ils sont plongés; ils y vivent comme les animaux aquatiques vivent dans l'eau. Or, on sait que l'eau s'altère en servant ainsi de milieu ambiant aux animaux aquatiques, et qu'elle perd assez rapidement ses éléments nutritifs, ce qui force à la renouveler. Il en est de même du sang: il s'altère aussi en entretenant la vie des éléments organiques; il perd notamment son oxygène et se charge en échange d'acide carbonique; il faut donc le renouveler aussi, et le purifier pour qu'il puisse servir de nouveau : c'est là le but de la circulation, et la fonction du cœur est de la régler, en imprimant au liquide sanguin une impulsion régulière qui lui fait rapidement parcourir l'organisme tout entier.

L'explication des fonctions du cœur, c'est-à-dire du mécanisme de ses mouvements, doit naturellement se trouver dans les propriétés du tissu qui le forme; nous avons dit, en effet, que le cœur était un muscle, et il possède toutes les propriétés physiologiques des organes de ce genre. Un muscle est un faisceau de fibres parallèles qui ont la propriété de se contracter, c'est-à-dire de se raccourcir, et par conséquent de rapprocher l'un de l'autre les deux os auxquels sont ordinairement fixés les extrémités d'un muscle. Ce que le cœur présente de particulier, c'est que les fibres musculaires y sont disposées de manière à former une sorte de poche dans l'intérieur de laquelle se trouve le liquide sanguin. La contraction de ces fibres a donc pour résultat de diminuer les dimensions de cette poche, et par conséquent de chasser au moins en partie le liquide qu'elle contenait. La disposition des valvules dont nous avons parlé plus haut donne alors au liquide expulsé la direction convenable. En effet, lorsque l'oreillette se contracte ainsi, la valvule auriculo-ventriculaire s'abaisse et laisse passer le sang dans le ventricule; puis quand c'est le ventricule qui se contracte, la valvule *auriculo-ventriculaire* se tendant fortement empêche le sang de retourner dans l'oreillette, tandis que la valvule *sigmoïde* cède tout de suite à la pression et permet au sang de pénétrer dans les artères. La contraction des cavités du cœur, qui en chasse le sang, est suivie d'une période de relâchement pendant laquelle elles se remplissent de nouveau, puis vient une nouvelle contraction, et ainsi de suite. Le mouvement de contraction s'appelle *systole*, et le mouvement de relâchement *diastole*. La contraction commence par la base du cœur, c'est-à-dire par les deux oreillettes; vient ensuite un intervalle de repos extrêmement court, après lequel la contraction se propage aux deux ventricules; puis le cœur entre en diastole, et il y a un moment de repos beaucoup plus notable. Les quatre cavités du cœur se contractent donc et se relâchent successivement deux à deux; mais la contraction du ventricule gauche est bien plus forte que celle du ventricule droit; elle relève la pointe du cœur et la projette en avant contre la paroi thoracique, entre la cinquième et la sixième côte, au-dessous du sein gauche: c'est ce que l'on appelle le battement du cœur; et à ce moment même le sang est

Digitized by Google

lancé dans les artères avec une pression capable de soulever une colonne de mercure de 150 millimètres de hauteur environ, comme on peut le constater à l'aide d'un manomètre. Le courant sanguin ainsi lancé dans les artères en soulève les parois et produit ainsi le phénomène du *pouls*.

La mécanique des mouvements du cœur a été l'objet de recherches très-approfondies que nous ne pouvons exposer ni même signaler toutes ici. On est arrivé notamment à forcer le cœur, comme tous les autres muscles, à inscrire lui-même ses contractions, et à nous révéler ainsi les moindres détails des phénomènes qui se passent dans son intérieur. M. Marey, qui a considérablement perfectionné ces procédés, va faire devant vous quelques-unes de ces inscriptions de contractions musculaires, et la projection de l'appareil sur le tableau pendant l'opération permettra de la suivre à peu près. On obtient ainsi des courbes dont chaque sinuosité correspond à un mouvement particulier du cœur. Voici des courbes qui vous représentent le mouvement du cœur chez divers animaux, et vous pouvez voir que ces courbes diffèrent beaucoup entre elles. Vous pouvez remarquer aussi les formes bizarres que donne le cœur du crabe, dont on vient d'inscrire les contractions pour la première fois. A l'aide de ces ingénieux procédés d'une rigueur absolue, on peut en quelque sorte lire dans le cœur des êtres vivants. Mais nous verrons tout à l'heure qu'il est plus difficile de lire dans le cœur des femmes que dans celui des hommes.

Dans la suite du développement de l'animal, chaque appareil vital n'entre généralement en fonction qu'après avoir terminé son évolution embryogénique et acquis sa texture définitive. Certains organes, — notamment les organes destinés à la propagation de l'espèce, — n'apparaissent que longtemps après la naissance, et retombent de nouveau dans la torpeur pendant la dernière période de la vie. Le cœur, au contraire, manifeste son activité dès que la vie commence à se montrer, et bien longtemps avant d'avoir acquis sa forme et sa constitution normales. C'est là une exception étrange, et qui est de nature à inspirer de graves réflexions sur la réalité des rapports que l'on établit entre les formes anatomiques des tissus et leurs propriétés physiologiques.

Étudions le développement du cœur et prenons pour cela l'animal sur lequel ce développement est le plus facile à suivre, à savoir le poulet. Il n'est pas de spectacle plus intéressant que celui de la naissance du cœur. Dans l'œuf du poulet, on voit apparaître sur le champ germinal, entre la vingt-sixième et la trentième heure de l'incubation, un très-petit point nommé *punctum saliens*, dans lequel on finit par constater des mouvements rares et à peine perceptibles; puis ces mouvements se dessinent davantage et deviennent plus fréquents; on distingue mieux le liquide sanguin, et tout un système vasculaire provisoire — *area vasculosa* — s'étale en rayonnant autour du cœur; à ce moment les linéaments fondamentaux du corps de l'animal sont déjà apparents, et le cœur, alors en pleine activité, représente un moteur sanguin isolé antérieur à l'organisme, et servant à transporter sur le chantier de la vie les matériaux nécessaires à la construction du corps de l'animal, matériaux qui sont empruntés à l'œuf, s'il s'agit d'un oiseau, et au sang de la mère quand il s'agit d'un mammifère. Mais tout en servant au développement du corps tout entier, le cœur se développe aussi lui-même. Il n'était d'abord qu'une simple vésicule obscurément contractile, à peu près comme la vésicule circulatoire d'un infusoire; cette vésicule s'allonge bientôt, la rapidité de ses battements augmente, et elle prend successivement diverses formes de plus en plus compliquées, que vous voyez représentées sur ce tableau. Cette vésicule cardiaque, dont les dimensions se sont ainsi accrues, se divise d'abord en deux parties, l'une inférieure, qui reçoit le sang et correspond à une oreillette; l'autre supérieure, qui forme un véritable ventricule lançant ce même sang dans le bulbe aortique : c'est alors un cœur de poisson, avec deux cavités. Plus tard ce cœur subit un mouvement combiné de bascule et de torsion qui ramène l'oreillette en haut, et pendant que ce mouvement s'effectue, il se développe une troisième cavité, ainsi que vous le voyez sur cette figure, et ce cœur ressemble alors à un cœur de reptile; enfin, lorsque le mouvement est achevé, la quatrième cavité s'est développée, et nous avons alors le cœur à quatre cavités des mammifères et des oiseaux, qui a été décrit plus haut. Le cœur des animaux supérieurs passe donc à certaines époques du développement embryogénique par des formes transitoires qui sont restées définitives pour des classes inférieures. Ce sont ces faits et d'autres semblables qui ont donné naissance à cette idée, vraie philosophiquement, qu'un animal reflète dans son développement embryogénique tous les animaux qui lui sont inférieurs.

Pendant la période de formation, le cœur diffère des autres muscles en ce qu'il agit avant d'être complétement développé; lorsque l'organisation est achevée, il continue à se distinguer en ce qu'il ne se repose jamais, tandis que tous les autres appareils musculaires présentent dans leurs fonctions des alternatives d'activité et de repos. Le cœur est de tous les organes du corps celui qui agit le plus longtemps, il préexiste en quelque sorte à l'organisme et on peut dire qu'il lui survit; suivant l'expression de Haller, c'est lui qui vit le premier et meurt le dernier, *primum vivens et ultimum moriens;* il veille encore lorsque les autres organes font déjà silence autour de lui « comme s'il attendait la fin de cette lutte entre la vie et la mort, car tant qu'il se meut, la vie peut se rétablir, et lorsqu'il cesse de battre, elle est irrévocablement perdue; de même que son premier mouvement a été le signe certain de la vie, son dernier battement est le signe certain de la mort. »

Dire que le cœur est le premier organe qui commence à fonctionner, c'est admettre implicitement qu'il n'a pas

Digitized by Google

besoin pour se contracter de l'intervention du système nerveux. Ce système ne se développe en effet qu'après tous les autres et même lorsqu'il existe déjà, il reste longtemps encore sans influence sur les muscles, car M. Claude Bernard a constaté par des expériences directes que la soudure des muscles avec les fibres musculaires ne s'opérait que dans la période ultime de la vie embryonnaire. Après la naissance, lorsque le système nerveux a étendu son empire sur tous les appareils de la vie, ce n'est pas encore à son influence que nous devons rapporter les contractions du cœur : car lorsqu'on détruit les nerfs, — par exemple en empoisonnant l'animal avec du curare, substance toxique qui détruit spécialement les propriétés des nerfs moteurs, — les membres cessent de se mouvoir, mais le cœur continue toujours à battre et ses contractions sont même plus rapides. Faut-il conclure de ces faits que le cœur ne possède pas de nerfs? C'est l'opinion à laquelle s'étaient arrêtés un certain nombre de physiologistes, mais l'anatomie en a démontré aujourd'hui la fausseté, puisqu'on a constaté dans le cœur la présence de fibres nerveuses en assez grand nombre. Seulement l'action de ces fibres sur le cœur s'exerce suivant un mécanisme tout particulier qui explique en partie les anomalies constatées plus haut.

La fonction ordinaire des nerfs est de provoquer la contraction du muscle; tant que le nerf n'est point excité, le muscle reste à l'état de repos, et lorsqu'on l'excite par un moyen quelconque, naturel comme l'influence volontaire, ou artificiel comme l'application d'un courant électrique, le muscle se contracte aussitôt. Voici une grenouille préparée par vivisection à la manière de Galvani, c'est-à-dire en ne conservant que le train postérieur avec les nerfs lombaires qui s'y rendent, et vous pouvez voir que l'irritation de ces nerfs lombaires par l'électricité ou le pincement, produit ausitôt une contraction énergique dans ce muscle, parce que l'autopsie a été faite immédiatement et que les tissus organiques conservent encore leurs propriétés un certain temps après la mort. Pour le cœur les phénomènes se passent d'une manière précisément inverse. En effet, le cœur se contracte régulièrement tant qu'on n'irrite pas les nerfs qui s'y rendent, et lorsque ces nerfs viennent à être excités naturellement ou artificiellement, les mouvements du cœur s'arrêtent aussitôt. En effet, si l'on ouvre une grenouille aussitôt après l'avoir tuée par vivisection et qu'on la prépare ensuite de manière à conserver intacts le cœur et les nerfs pneumogastriques qui se rendent dans son tissu, on constate que tant que l'on n'agit pas sur ces nerfs, le cœur continue à battre, et que sitôt qu'on les excite il s'arrête en diastole, c'est-à-dire en relâchement. Le phénomène est général et se présente notamment chez tous les vertébrés depuis la grenouille jusqu'à l'homme; il y a cependant quelques différences suivant les variations de la sensibilité; en effet, chez les mammifères l'arrêt du cœur est instantané, tandis que chez les animaux à sang froid, surtout pendant l'hiver, il peut se produire encore plusieurs battements. Lorsque l'irritation galvanique a cessé, les battements du cœur reparaissent plus ou moins vite, suivant la vigueur de l'animal, et il se peut même qu'ils ne reparaissent pas du tout; l'arrêt du cœur est alors définitif et naturellement la mort s'ensuit bientôt. L'excitation galvanique des pneumogastriques arrête le cœur avec d'autant plus d'énergie que son application est plus soudaine et a été moins répétée. Lorsqu'on reproduit plusieurs fois de suite ou qu'on prolonge trop longtemps cette irritation, la sensibilité du cœur et de ses nerfs s'émousse au point que les battements peuvent très-bien ne plus s'arrêter; il en est de même quand on irrite le cœur avec un courant d'une intensité régulièrement croissante, et l'on peut arriver ainsi à employer des courants extrêmement forts sans produire aucun effet. Lorsque l'irritation du nerf est très-faible et dure peu de temps, l'arrêt du cœur qui en résulte est si fugace qu'il échapperait toujours à un observateur non prévenu, et les battements cardiaques reprennent aussitôt avec une plus grande énergie. Au contraire, lorsque l'irritation est forte, l'arrêt du cœur est plus prolongé et le retour des battements plus lent et plus difficile.

Nous savons que le cœur reçoit le contre-coup de toutes les vibrations nerveuses et qu'il peut en résulter, suivant que l'impression a été forte ou faible, soit une suspension momentanée de la circulation suivie d'un ralentissement plus ou moins long, soit un arrêt très-léger provoquant aussitôt une surexcitation d'énergie dans les mouvements cardiaques. Or, si le cœur s'arrête, il en résulte une suspension ou au moins un ralentissement dans l'arrivée du liquide nourricier aux organes et par suite une suspension ou un ralentissement parallèle dans les fonctions de ces organes. Au contraire, lorsque l'arrêt du cœur est suivie d'une surexcitation d'énergie dans ses battements, le sang se distribue en plus grande quantité aux divers organes, et l'intensité des fonctions vitales augmente proportionnellement.

Tous les organes du corps ne sont pas également sensibles à ces variations de la circulation artérielle; mais le système nerveux, dont la texture est la plus délicate et la plus élevée dans l'ordre physiologique, reçoit le premier les atteintes de ces troubles circulatoires, et parmi les différentes parties du système nerveux, lec erveau, qui en est l'organe le plus parfait, en est aussi le point le plus facilement irritable sous ce rapport. C'est là une loi générale pour tous les animaux; mais, suivant les espèces, elle exige, pour s'appliquer, un temps plus ou moins long. Ainsi, chez les animaux à sang-froid, — et surtout pendant l'hiver, — ce temps peut être très-long. Voici une grenouille à qui nous avons enlevé le cœur, et vous voyez qu'elle saute et nage comme si rien n'avait été dérangé dans l'harmonie de ses organes; il en sera encore de même pendant cinq ou six heures; et cependant la suppression du cœur entraîne immédiatement chez elle comme chez l'homme un arrêt total

Digitized by Google

de la circulation. Chez les animaux à sang chaud au contraire, l'arrêt du cœur amène très-rapidement la disparition des phénomènes cérébraux, et cela d'autant plus vite que l'animal possède des organes nerveux plus délicats. Le raisonnement, d'accord avec l'expérience, nous prouve que l'homme, sous ce rapport comme sous tous les autres, occupe le premier rang. Chez lui, le cerveau est si délicat qu'il éprouve en quelques secondes et pour ainsi dire instantanément le contre-coup des troubles de la circulation provoqués par les influences nerveuses que subit le cœur. Les phénomènes physiologiques suivent sans doute les mêmes lois chez la grenouille, mais là ils sont beaucoup plus lents : les réactions du système nerveux sur le cœur, et du cœur sur le cerveau, sont tellement longues à se produire, que la relation physiologique des deux organes disparaît.

Chez l'homme, l'influence du cœur sur le cerveau se traduit surtout par deux états extrêmes entre lesquels viennent se placer beaucoup d'intermédiaires; ces deux états sont la syncope et l'émotion.

La syncope, caractérisée surtout à l'extérieur par la pâleur des traits et la perte de connaissance, consiste dans une interruption des fonctions cérébrales due à la cessation de l'arrivée du sang artériel dans le cerveau. On pourrait évidemment la produire d'une manière artificielle en liant toutes les artères qui se rendent au cerveau. Normalement elle résulte de toutes les impressions nerveuses portant sur le cœur et assez énergiques pour arrêter ses mouvements; cet effet se produit sous l'influence de toutes les impressions sensitives, intenses et subites, quelle que soit d'ailleurs leur nature, impressions physiques sur les nerfs sensitifs ou impressions morales, sensations douloureuses ou sensations de volupté. On comprend que la durée de la syncope doit être intimement liée à la durée de l'arrêt du cœur et à son intensité. Plus la syncope a été longue et plus les battements cardiaques éprouvent de difficulté à se rétablir; ils reviennent même d'abord très-irrégulièrement avant de retrouver leur rhythme normal. Quelquefois l'arrêt du cœur ainsi produit reste définitif : la syncope est alors mortelle; et ce résultat peut se présenter assez souvent chez des individus à la fois très-faibles et fort sensibles. C'est ainsi qu'on a constaté expérimentalement sur des colombes épuisées d'inanition qu'il suffisait parfois du pincement d'un nerf sensitif pour produire un arrêt du cœur définitif, et par suite une mort par syncope.

L'émotion résulte d'un arrêt léger du cœur produit par une impression sensitive peu intense, arrêt auquel succède aussitôt une surexcitation dans les battements de cet organe, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut. L'émotion qui envoie au cerveau une circulation plus active y produit en même temps une surexcitation fonctionnelle en harmonie avec l'influence nerveuse qui l'a déterminée. Elle est donc plus instructive que la syncope, qui prouve seulement l'existence d'une impression nerveuse violente sans indiquer sa nature. L'émotion commence toujours par un léger arrêt du cœur sous l'influence de l'impression nerveuse initiale qui le surprend en quelque sorte; cet arrêt se traduit par une faible secousse cérébrale qui amène une pâleur fugace; mais aussitôt le cœur, comme un animal piqué par un aiguillon, accélère ses mouvements, et le cerveau, étant le plus sensible de tous les organes, ressent le premier les effets de cette modification circulatoire.

« Chez l'homme, dit M. Claude Bernard en finissant, le cœur est le plus sensible des organes de la vie végétative, et il reçoit le premier de tous l'influence nerveuse cérébrale; d'un autre côté, le cerveau est le plus sensible des organes de la vie animale, et il subit avant tous les autres le contre-coup des variations de la circulation du sang. Ces deux organes culminants de la machine vivante entretiennent donc des rapports incessants d'action et de réaction. Ces rapports peuvent être constants ou passagers, varier avec le sexe et avec l'âge. Ainsi, à l'époque de la puberté, lorsque s'éveillent et se développent des organes nouveaux, restés jusque-là inertes et engourdis, des sentiments nouveaux prennent aussi naissance dans le cerveau, et apportent au cœur des impressions qu'il n'avait point encore ressenties. En effet, les sentiments que nous éprouvons sont toujours accompagnés par des actions réflexes du cœur, et bien que le cerveau soit le siége exclusif des sentiments, c'est du cœur que viennent les conditions indispensables de leur manifestation au dehors. L'expression de nos sentiments résulte d'un échange continuel d'influence entre le cœur et le cerveau; les nerfs pneumogastriques amènent jusqu'au cœur les actions nerveuses, et les artères carotides et vertébrales conduisent le sang au cerveau. Ce merveilleux mécanisme ne tient donc qu'à un léger fil : si les nerfs qui unissent le cœur au cerveau venaient à être détruits, cette réciprocité d'actions serait interrompue, et la manifestation de nos sentiments profondément troublée.

» Toutes ces explications, me dira-t-on, sont bien empreintes de matérialisme. Si l'étude d'une pareille question rentrait dans le plan de cette conférence, je pourrais facilement montrer qu'en physiologie le matérialisme ne conduit à rien et n'explique rien. Mais un opéra en est-il moins ravissant parce que le physicien en calcule mathématiquement toutes les vibrations? Un phénomène physiologique en est-il moins admirable, parce que le physiologiste en analyse toutes les conditions matérielles? Il faut bien que cette analyse, que ces calculs se fassent, car sans cela il n'y aurait pas de science. Or la science physiologique nous apprend, d'une part, que le cœur reçoit réellement l'impression de tous nos sentiments, et d'autre part que le cœur réagit pour renvoyer au cerveau les conditions nécessaires de la manifestation de ces sentiments. Le poëte et le romancier qui, pour nous émouvoir, s'adressent à notre cœur, l'homme du monde qui, à chaque instant, invoque son

Digitized by Google

cœur dans l'expression de ses sentiments, font donc des métaphores correspondant à des réalités physiologiques.

» Un mot, un souvenir, le spectacle d'un événement éveillent quelquefois en nous une douleur profonde; ce mot ou ce souvenir ne saurait cependant être douloureux par lui-même, mais il l'est par les phénomènes qu'il provoque en nous. Lorsqu'on dit, par exemple, que le cœur est brisé de douleur, il se passe, en effet, dans cet organe, des phénomènes très-réels. Le cœur s'est arrêté, si l'impression douloureuse a été trop soudaine, et il en est résulté une syncope avec les crises nerveuses qui en sont la conséquence. On a donc bien raison d'user de ménagements, quand il s'agit de faire connaître à quelqu'un une de ces nouvelles terribles qui bouleversent l'âme. Quand, après avoir éprouvé de longues angoisses, on dit qu'on a le cœur gros, cela répond encore à des conditions physiologiques particulières; nos expériences nous ont montré, en effet, que des excitations d'une intensité graduellement croissante, émoussent ou épuisent la sensibilité du cœur, sans en arrêter les battements. Les impressions douloureuses prolongées, devenues incapables d'arrêter le cœur, le fatiguent donc sans retarder ses battements, prolongent la diastole, et font éprouver dans toute la région précordiale un sentiment de plénitude ou de resserrement.

» Les impressions agréables répondent aussi à des états déterminés du cœur. Quand une femme est surprise par une émotion douce, les paroles qui ont pu la faire naître traversent son esprit comme un éclair, sans s'y arrêter; mais le cœur a été atteint immédiatement, avant tout raisonnement, avant toute réflexion.

» Le sentiment commence à se manifester après un léger arrêt du cœur, que le physiologiste seul peut remarquer; aiguillonné par l'impression nerveuse, le cœur réagit aussitôt; les palpitations qui l'animent le font bondir dans la poitrine, et augmentent beaucoup la quantité de sang envoyée au cerveau : sous l'influence de cette surexcitation circulatoire, le visage se colore d'une rougeur subite, et en même temps les traits prennent une expression particulière en rapport avec le sentiment éprouvé. *L'amour qui fait palpiter le cœur* n'est donc pas seulement une forme poétique, c'est aussi une réalité physiologique. Quand on dit à quelqu'un qu'on l'aime de tout son cœur, cela signifie physiologiquement que sa présence ou son souvenir éveille en nous une impression nerveuse qui, transmise au cœur par les nerfs pneumogastriques, le fait réagir de la manière la plus convenable pour provoquer dans le cerveau un sentiment ou une émotion affective. Je suppose, bien entendu, que l'aveu est sincère; sans cela le cœur n'éprouverait rien, et l'amour ne serait que sur les lèvres. Pour exprimer ses sentiments, le cerveau doit donc avoir le cœur à son service. Deux cœurs unis sont deux cœurs qui battent à l'unisson l'un de l'autre, sous l'influence des mêmes impressions nerveuses, ce qui produit l'expression harmonique de sentiments semblables.

» Les philosophes disent qu'on doit maîtriser son cœur et faire taire ses passions. Ce sont encore des expressions que la physiologie peut interpréter. La volonté de l'homme peut en effet dominer beaucoup d'actions réflexes dues à des sensations qui ont leur origine dans des causes purement physiques; et la raison parvient sans doute à exercer le même empire sur les sentiments moraux. L'homme peut donc arriver à empêcher par la raison l'influence des actions réflexes sur son cœur; mais plus la raison pure tendrait à triompher, et plus le sentiment tendrait à s'éteindre. La puissance nerveuse capable d'arrêter les actions réflexes est en général moindre chez la femme que chez l'homme; c'est ce qui lui donne la suprématie dans le domaine de la sensibilité physique et morale; c'est aussi ce qui a fait dire qu'elle avait le cœur plus tendre que l'homme.

» Mais je m'arrête dans ces considérations qui nous entraîneraient trop loin, et je terminerai cet entretien par une conclusion générale.

» La science ne contredit point les données de l'art, et je ne saurais admettre que le positivisme scientifique doive tuer l'inspiration, comme on l'a prétendu. Suivant moi c'est le contraire qui arrivera nécessairement : l'artiste trouvera dans la science des bases plus stables, et le savant puisera dans l'art une intuition plus assurée. Il existe sans doute des époques de crise, époques auxquelles la science, à la fois trop avancée et trop imparfaite, trouble l'artiste plutôt qu'elle ne l'aide. C'est ce qui peut arriver aujourd'hui pour la physiologie à l'égard du philosophe et du poëte; mais ce n'est là qu'un état transitoire, et, lorsque la physiologie sera plus avancée, j'ai la conviction que le poëte, le philosophe et le physiologiste parleront la même langue et s'entendront tous.

Tous ces résultats ont été obtenus dans des expériences de vivisection en irritant directement les nerfs au moyen de l'électricité; mais il est évident qu'à l'état normal les choses ne sauraient se passer ainsi. Ce sont alors des irritants physiologiques qui viennent exciter les nerfs moteurs pour provoquer leur réaction sur les muscles, et ces irritants physiologiques se ramènent à deux : la *volonté* et la *sensibilité*. La volonté n'exerce pas son action sur tous les nerfs moteurs du corps; un certain nombre d'entre eux échappent à cette action, et ceux du cœur sont précisément dans ce cas. L'influence de la sensibilité, au contraire, est tout à fait générale, et l'on a appelé *réflexes* les mouvements qu'elle produit ainsi sans l'intervention de la volonté, parce que l'on suppose que l'impression sensitive se réfléchit dans le centre nerveux sur le nerf moteur, qui réagit ensuite sur le muscle. Tous les mouvements involontaires du cœur sont de ce genre et n'ont pas d'autre cause que la réaction des impressions sensitives venues des diverses parties du corps sur les nerfs pneumogastriques qui sont les nerfs moteurs de cet organe; et quand on dit, par exemple, qu'une impression douloureuse arrête les mouvements du cœur, cela signifie simplement qu'un nerf sensitif, primitive-

Digitized by Google

ment excité, a transmis son excitation au nerf pneumogastrique, lequel à son tour a exercé sur le cœur son influence paralysante, absolument comme cela se passe dans nos expériences avec le courant galvanique. L'irritant primitif diffère seul, mais le mécanisme et les résultats de l'action nerveuse motrice sont toujours les mêmes. Nous verrons, en effet, se reproduire, sous des influences sensitives diverses, toutes les formes d'arrêt du cœur que nous avons observées en opérant avec un courant galvanique, et comme nous savons maintenant qu'une influence sensitive ne peut agir sur le cœur que par l'intermédiaire des nerfs moteurs pneumogastriques, nous pourrons désormais sous-entendre cet intermédiaire.

Les expériences directes sur l'excitation des nerfs pneumogastriques, faites autrefois par M. Claude Bernard et par Magendie, ont montré que le cœur d'un animal est d'autant plus prompt à s'arrêter sous l'influence d'une impression nerveuse quelconque, que cet animal est plus sensible. Ainsi chez les grenouilles on n'arrête pas le cœur en pinçant la peau; mais on le fait sur des chiens et le cœur est même quelquefois si sensible chez eux que cette réaction se produit sans qu'ils manifestent le moindre signe de douleur. A mesure que l'organisation animale s'élève, le cœur devient donc un réactif de plus en plus délicat pour trahir les impressions sensitives qui se passent dans le corps, et l'homme occupe naturellement le premier rang sous ce rapport comme sous tous les autres. Les influences nerveuses qui réagissent ainsi sur le cœur arrivent, soit de la périphérie par le système cérébro-spinal, soit des organes intérieurs par le système grand sympathique, soit enfin du centre cérébral lui-même, car le cerveau présente la surface nerveuse la plus délicate de toutes; ce qui fait que les actions sensitives provenant de cette source sont celles qui exercent sur le cœur l'influence la plus énergique. C'est là que nous allons trouver en grande partie l'explication des relations mystérieuses qui existent entre le cœur et la manifestation de nos sentiments.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

### V.

### Les éthers composés (suite).

Rappelons que l'origine des éthers composés est due à l'action des acides sur l'alcool; que les principaux éthers connus au XVIII^e siècle étaient les éthers chlorhydrique, nitreux, acétique et benzoïque, auxquels il faut joindre l'éther oxalique, préparé par Bergmann à l'aide de son acide saccharin (oxalique); qu'enfin, ces différents composés étaient plus ou moins confondus avec l'éther ordinaire.

(1) Voy. les n^os 4, 6, 10 et 15.

Les premiers résultats positifs relatifs à la constitution des éthers composés, on l'a vu, sont dus à Scheele, qui reconnut le premier l'existence de l'acide générateur dans chacun de ces corps; c'était là un résultat essentiel. Mais le savant suédois se trompait en admettant l'existence nécessaire d'un phénomène d'oxydation, et la présence de l'acide sulfurique dans l'éther ordinaire. Ces erreurs font voir que jusque-là la théorie des éthers composés n'était qu'ébauchée, et que de nouvelles expériences étaient nécessaires.

Thenard, en reprenant cette étude, expérimenta sur les éthers chlorhydrique, nitreux, acétique et oxalique.

Jusqu'alors l'éther chlorhydrique n'avait été qu'entrevu, sans doute à cause de sa grande volatilité. En 1804, Gehlen donna un procédé pour le préparer régulièrement; deux ans après, Thenard, sans avoir connaissance des travaux du chimiste allemand, l'obtint également en même temps que M. Boullay.

Le procédé de ces derniers savants consiste à prendre poids égaux d'alcool et d'acide chlorhydrique, et à soumettre ce mélange à l'action de la chaleur; il se dégage un gaz qu'on lave dans l'eau tiède, et que l'on peut recueillir dans une éprouvette pleine d'eau, pourvu que la température soit supérieure à une quinzaine de degrés.

Ce gaz brûlait avec une belle flamme bordée de vert. Thenard s'aperçut bientôt qu'il se condensait dès que la température était suffisamment basse. Il le reçut donc dans un ballon refroidi par un mélange réfrigérant, formé de glace et de sel marin. Si l'on veut avoir ce gaz parfaitement pur, il faut le laver dans de l'eau à 20 degrés, le faire passer dans un flacon rempli de chlorure de calcium pour le dessécher, puis le recueillir dans un petit ballon refroidi. Thenard recommande de le conserver dans un flacon à l'émeri, dont le bouchon est maintenu dans le col à l'aide d'une petite presse. Il est préférable de l'introduire dans un tube à col rétréci, que l'on ferme ensuite à la lampe d'émailleur.

Quelles sont les propriétés de ce composé, et quelle en est la composition?

Thenard, répétant l'expérience de Scheele, vit que l'éther chlorhydrique ne se troublait pas par le nitrate d'argent, même quand les deux corps étaient dissouts dans l'alcool; mais le précipité se forme, dès qu'on brûle ce mélange en présence du sel d'argent. Non content de cette expérience, le savant chimiste analysa l'éther chlorhydrique, en faisant passer sa vapeur dans un tube chauffé au rouge; il obtint ainsi un mélange d'acide chlorhydrique et d'hydrogène bicarboné, et de divers autres gaz; il suffisait de condenser l'acide dans de l'eau refroidie pour avoir la quantité de chlore contenue dans l'éther employé. Telle fut la méthode employée par Thenard pour faire l'analyse de l'éther chlorhydrique, analyse peu rigoureuse en raison de l'imperfection de la chimie organique à cette époque. Ce fut Ampère qui, plus tard, fit remarquer que 1 volume de cet éther renfermait les éléments de :

Digitized by Google

1 vol. d'hydrogène bicarboné, plus 1 vol. d'acide chlorhydrique.

Thenard étudia ensuite l'acide nitreux, et démontra que ce corps renfermait, non pas de l'acide nitrique, mais bien de l'acide nitreux.

Il étudia semblablement l'éther acétique, puis l'éther oxalique. Il fit voir que ce dernier renfermait à l'état latent et l'alcool et l'acide qui avaient servi à le former. Ce corps est peu stable; en le faisant bouillir avec de la potasse caustique, la décomposition est bientôt complète; il reste dans la cornue de l'oxalate de potasse, et il distille de l'alcool, que l'on peut recueillir dans un récipient refroidi et dont on peut constater la nature, à l'aide du carbonate de potasse qui s'empare de l'eau. Pour reconnaître la présence de l'oxalate, on sursature la liqueur par de l'acide acétique, et en ajoutant du chlorure de calcium, on obtient aussitôt un abondant précipité d'oxalate de chaux. Cette expérience était tout à fait décisive, parce que, d'un seul coup, elle mettait en évidence, et l'acide oxalique, et l'alcool.

A la suite de ces recherches on distingua deux sortes d'éthers :

1° Les éthers résultant de l'action de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique sur l'alcool. Ce groupe ne comprenait qu'une seule espèce, l'éther ordinaire; dès cette époque, en effet, Boullay et Boudet avaient reconnu que les acides phosphorique et arsénique se comportaient vis-à-vis de l'alcool, comme l'acide sulfurique.

2° Les éthers composés, renfermant à la fois les éléments de l'acide et ceux de l'alcool.

Cette division reçut une sorte de confirmation à la suite des expériences de Gay-Lussac et de Théodore de Saussure.

Mais quelle était la composition de ces combinaisons de l'alcool avec les acides? Quelle relation précise existait-il entre ces deux corps? Tel était le point qui restait encore obscur. Il y avait cependant déjà une excellente indication, qui aurait pu éclairer cette question, c'était l'observation faite par Thenard que l'éther chlorhydrique se dédoublait par la chaleur avec assez de netteté en hydrogène bicarboné et en acide chlorhydrique; on pouvait en conclure que cet éther renfermait les éléments de l'acide et de l'alcool, moins de l'eau :

$$C^4H^6O^2 + HCl - H^2O^2 = C^4H^5Cl = C^4H^4,HCl.$$

Nous avons vu qu'Ampère avait, en effet, précisé de cette manière la formule de l'éther chlorhydrique, mais cette relation, au lieu d'être généralisée, resta comme un fait isolé dans la science, bien que M. Chevreul eût émis l'idée qu'elle pourrait bien être générale. On se rangea à l'avis de Thenard, qui, après avoir cru d'abord à la séparation de l'eau dans l'éther acétique, formula sa doctrine en disant que cet éther, résultait de la combinaison de l'acide acétique avec l'alcool :

$$C^4H^3O^3,C^4H^6O^2.$$

Dans l'esprit de Thenard, l'acide était toujours anhydre, et la question ne portait que sur ce point : Y a-t-il séparation d'eau, quand l'acide anhydre se combine avec l'alcool?

Il était réservé à MM. Dumas et Polydore Boullay, en 1828, d'établir nettement le rôle de l'eau dans la formation des éthers composés. Mais avant d'exposer ces nouveaux travaux, il est nécessaire, non pas de revenir sur nos pas, mais d'indiquer les faits qui furent observés en faisant réagir l'acide sulfurique sur l'alcool.

Cette marche est celle même que nous offre l'histoire de la science. En effet, les éthers composés furent l'objet de peu de travaux à la suite des expériences de Thenard. Au contraire, on s'occupa beaucoup de l'acide sulfovinique.

L'acide sulfovinique résulte de l'action directe de l'acide sulfurique sur l'alcool, c'est-à-dire qu'il prend naissance à l'aide des mêmes corps qui donnent lieu à l'éther et à l'hydrogène bicarboné. C'est ainsi qu'un même phénomène, observé dans des conditions diverses, permet de réaliser les productions de corps différents, bien que présentant entre eux une étroite parenté. Une étude attentive et systématique de tous ces corps ne pourra manquer d'être féconde et de conduire à la découverte de quelque loi générale. C'est précisément ce qui eut lieu dans cette circonstance, car on vit que, non-seulement l'acide sulfurique jouissait de la propriété de donner naissance à des éthers acides, mais que cette propriété appartenait à tous les acides polybasiques. Enfin, cette étude a conduit à de nouvelles idées sur la polymérie et sur l'éthérification en général, etc.

La découverte de l'acide sulfovinique tire son origine de ces idées d'oxydation qui avaient été admises par Scheele et par Fourcroy. Dabit, en effet, reprenant cette idée, à savoir que dans l'éthérification, il y avait oxydation, pensa que l'oxygène pourrait bien provenir de l'acide sulfurique; il soumit donc un mélange d'alcool et d'acide à la distillation, satura le liquide qui restait dans la cornue par une base, et obtint un sel soluble particulier, provenant, selon lui, d'un acide renfermant moins d'oxygène que l'acide sulfurique, et qu'il appela acide sulfureux oxygéné. Il reconnut que ce sel, traité par l'acide azotique, régénère de l'acide sulfurique.

En 1818, Sertuerner reprit ces recherches, et l'année suivante Vogel étudia le sulfovinate de baryte. Il reconnut que ce sel était très-soluble dans l'eau, preuve qu'il ne renfermait ni acide sulfurique, ni acide sulfureux. Ce n'est pas tout; si l'on évapore à siccité cette liqueur barytique, on obtient un produit qui renferme du sulfate de baryte; même résultat avec l'acide nitrique. Vogel crut trouver l'explication de tous ces faits en admettant dans l'acide sulfovinique la présence de l'acide hyposulfurique, récemment découverte par Gay-Lussac

$$S^2O^5.$$

On savait, en effet, que cet acide donne avec la baryte des sels solubles qui se transforment facilement en sul-

Digitized by Google

fates par les actions oxydantes. Cette opinion parut confirmée par les expériences de Gay-Lussac; ce chimiste fit l'analyse du sulfovinate de baryte. D'une part, il calcinait une certaine quantité de ce sel dans un creuset de platine, puis pesait le résidu de sulfate de baryte; d'autre part, il prenait la même quantité de sel, et y ajoutait du chlorate de potasse, il projetait le tout dans un creuset chauffé au rouge. Gay-Lussac obtint ainsi dans cette nouvelle expérience deux fois plus de sulfate que dans la première; il en conclut que l'acide sulfovinique renfermait de l'acide hyposulfurique uni à une matière organique qui jouait un rôle analogue à l'eau de cristallisation. Il chercha à généraliser cette expérience en démontrant que l'acide sulfurique pouvait se combiner à un grand nombre de matières organiques, en perdant une portion de son oxygène. La théorie qui admet l'oxydation de l'alcool dans l'éthérification, reprenait donc du crédit, comme au temps de Scheele, mais sous une autre forme. C'est sans doute en raison de cette circonstance que l'action des acides polybasiques sur l'alcool resta si longtemps controversée.

En 1827, la question fut reprise par Hennel, en Angleterre; par MM. Dumas et Boullay, en France.

Hennel établit cette fois la véritable nature de l'acide sulfovinique; il fit voir que si l'on fait bouillir l'acide sufovinique avec de l'eau, il passe de l'alcool à la distillation, tandis que la totalité du soufre reparaît sous forme d'acide sulfovinique : fait qui était incompatible avec les idées de Gay-Lussac; Hennel en conclut avec raison que cet acide ne différait de ces derniers principes que par les éléments de l'eau :

$$S^2O^6,C^4H^5O,BaO + H^2O^2 = SO^3,BaO + C^4H^6O^2 + SO^3,HO.$$

MM. Dumas et Boullay firent à leur tour l'analyse exacte du sulfovinate de baryte, et démontrèrent que l'acide sulfovinique était une combinaison d'alcool, non pas avec l'acide hyposulfurique, mais avec l'acide sulfurique.

Dans un premier mémoire, ces chimistes distingués reprirent l'étude de l'alcool, et s'attachèrent surtout à bien définir sa composition; ils analysèrent le sulfovinate de baryte, et partant d'abord de l'hypothèse de Gay-Lussac, ils arrivèrent à la formule suivante :

$$S^2O^5,BaOC^4H^3+5Aq.$$

Mais de ces cinq équivalents d'eau, deux disparaissent facilement sans que le sel soit altéré, ce qui donne :

$$S^2O^5,BaO,C^4H^3+3Aq.$$

En conservant cette formule, dans laquelle un hydrogène carboné $C^4H^3$ est combiné avec de l'acide hyposulfurique, on confirmait les idées de Gay-Lussac, $C^4H^3$ provenant en effet d'une déshydratation et d'une oxydation simultanées de l'alcool. Mais M. Dumas fit observer que, puisque 3 équivalents d'eau étaient indispensables à l'existence du sel, on pouvait reporter une partie de ces éléments sur l'acide et sur l'hydrogène carboné :

$$S^2O^6,\ C^4H^5O,\ BaO + Aq.$$

Les deux formules sont équivalentes, et la dernière suffit pour expliquer et la régénération de l'acide sulfurique et celle de l'alcool sous l'influence de l'eau. C'est par cette remarque que se termine le deuxième mémoire de M. Dumas.

Il en résultait que l'on pouvait considérer l'acide sulfovinique comme de l'acide sulfurique ordinaire, combiné à de l'alcool deshydraté, c'est-à-dire de l'hydrogène carboné :

$$C^4H^4,\ S^2O^6,\ H^2O^2.$$

Formule analogue à celle de l'éther chlorhydrique :

$$C^4H^4,\ HCl.$$

M. Dumas et Boullay pensèrent que cette relation était générale, et pour vérifier cette prévision ils reprirent l'étude des principaux éthers composés, alors connus; leur travail constitue un chef-d'œuvre de méthode; il marque l'une des époques fondamentales dans la chimie organique. Les auteurs soumirent les éthers à quatre genres d'épreuves :

1° Purification, afin de séparer les matières étrangères, l'alcool et l'acide libres qui sont souvent retenus avec opiniâtreté;

2° Analyses organiques;

3° Détermination des densités de vapeur, et par suite vérification des équivalents admis;

4° Décomposition des éthers par les bases, pour déterminer les quantités d'acide et d'alcool régénérés.

Prenons pour exemple de purification l'éther acétique; il se prépare en distillant un mélange d'alcool et d'acide acétique, mais la purification est difficile, car il retient de l'alcool avec opiniâtreté. Sans doute parce que son point d'ébullition (74 degrés) est très- rapproché de celui de l'alcool, et que ces deux liquides se dissolvent mutuellement en toute proportion. Cette quantité d'alcool est telle qu'en opérant sur l'éther brut, M. Dumas trouve dans une première expérience une densité de 2,5, tandis que la densité de l'éther pur est 3,06.

Pour purifier ce produit, on peut l'agiter avec de l'eau qui s'empare de l'alcool, mais l'éther étant sensiblement soluble dans l'eau, on en perd ainsi une grande quantité; il vaut mieux agiter l'éther avec de l'eau saturée de sel marin, puis le dessécher, non pas sur du chlorure de calcium qui s'y combine, mais sur du sulfate de cuivre desséché : on distille ensuite.

Quoi qu'il en soit, M. Dumas parvint à purifier suffisamment l'éther pour le soumettre ensuite à des analyses exactes.

Prenons pour exemple l'éther nitreux, ce corps renferme quatre éléments, carbone, hydrogène, oxygène et azote :

$$C^4H^5O,\ AzO^3.$$

Le carbone et l'hydrogène peuvent être dosés à la manière ordinaire, par l'oxyde de cuivre.

L'azote fut déterminé par M. Dumas à l'aide de deux analyses successives; dans l'une d'elles, une quantité indéterminée d'éther était brûlée par l'oxyde de cuivre, on laissait perdre les premiers produits pour chasser

Digitized by Google

l'air de l'appareil, puis recueillant le gaz sous la cloche à mercure, on pouvait déterminer aisément le rapport du gaz azote à celui de l'acide carbonique; M. Dumas trouva ainsi que pour 8 volumes d'acide carbonique, il y avait deux volumes de gaz azote :

$$2C^2O^4 = 8 \text{ vol.}$$
$$Az = 2 \text{ vol.}$$

Or, connaissant déjà la quantité de carbone contenue dans l'éther, on pouvait en déduire la quantité absolue d'azote contenue dans la même proportion d'éther.

L'éther acétique fut analysé par la même méthode; la quantité totale du carbone fut trouvée égale à 54 pour 100; or il y en a 47 dans l'acide anhydre et 52 dans l'alcool, d'où il résultait qu'on ne pouvait plus considérer l'éther acétique comme une combinaison d'acide anhydre avec l'alcool, ainsi qu'on l'avait admis jusque-là.

L'analyse de l'éther oxalique révéla une particularité analogue; M. Dumas trouva qu'il contenait 50 pour 100 de carbone; comme l'acide oxalique hydraté en renferme 27 et l'acide anhydre 33, il devenait peu probable que l'éther oxalique fut une combinaison d'acide avec l'alcool.

Ces analyses s'accordèrent avec les formules suivantes:

Éther acétique. . . . $C^8H^8O^4 = C^4H^5O, C^4H^3O^3$.
— benzoïque. . . $C^{18}H^{10}O^4 = C^4H^5O, C^{14}H^5O^3$.
— oxalique. . . . $C^{12}H^{10}O^8 = 2C^4H^5O, C^4O^6$

Ces résultats étaient si importants qu'il fallait les vérifier par d'autres méthodes : c'est alors que M. Dumas et Boullay eurent recours à la détermination des densités de vapeur.

Gay-Lussac avait établi que les gaz se combinent entre eux dans un rapport simple, et que le volume du produit est aussi en rapport simple avec chacun des gaz réagissants, ce qui revient à dire que les densités de vapeur des gaz sont proportionnels à leurs équivalents.

Sa détermination de la densité des vapeurs peut avoir lieu par la méthode de Gay-Lussac, dont je mets les appareils sous vos yeux; ce fut ainsi que procéda M. Dumas. Mais on peut aussi recourir à une méthode plus généralement usitée, et que M. Dumas imagina peu de temps après. Disons quelques mots de cette seconde méthode.

Ce procédé consiste à peser un volume déterminé de vapeur : pour cela, on prend un ballon dont le col a été étiré; on y introduit une quantité de liquide quinze à vingt fois plus grande que celle qui doit rester en dernier lieu, afin de pouvoir chasser complétement l'air de l'appareil; on fixe solidement le ballon entre les montants d'un support spécial, de façon qu'il se trouve à la fois fixé et lesté, ce qui est indispensable puisqu'il doit être plongé jusqu'au col dans divers liquides, tels que l'huile, le chlorure de zinc, etc. On porte le tout à la température à laquelle on veut déterminer la densité de vapeur; tout le liquide étant vaporisé, et la température étant maintenue constante, on ferme à la lampe la pointe du tube, puis on laisse refroidir et on brise cette pointe sous le mercure : le poids du mercure qui remplit le ballon donne le volume de ce dernier et par suite celui de la vapeur. Connaissant d'ailleurs le poids du ballon plein d'air, on en déduit le poids de la vapeur et par suite la densité cherchée.

Ce qui fait la précision de ce procédé, c'est que toutes les opérations se réduisent à des pesées directes, lesquelles peuvent être faites avec une grande approximation.

M. Dumas obtint les résultats suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Densités expérimentales. | 1° Éther nitreux. . . 2,63 | Densités théoriques | 2,61 |
| | 2° » acétique. . 3,07 | | 3,07 |
| | 3° » benzoïque. 5,41 | | 5,49 |
| | 4° » oxalique. . 5,08 | | 5,08 |

Ces résultats sont aussi concordants que possible, et chacune des trois premières densités indique que ces éthers ont un équivalent gazeux représenté par 4 volumes; l'éther oxalique seul répond à 2 volumes.

Donnons le calcul tel qu'on le faisait alors. L'éther acétique $C^8H^6O^3$, $C^8H^{10}O$ :

| | |
|---|---|
| 16 vol. de vapeur de carbone pèsent. | 6,752 |
| 16 vol. d'hydrogène. . . . . | 1,101 |
| 4 vol. d'oxygène. . . . . | 4,410 |
| Somme. . . . . | 162,63 |

16,263 est donc le poids des éléments qui entrent dans l'éther acétique : le quart de cette quantité est 3,06, nombre qui se confond avec celui qui est fourni par l'expérience directe.

Aujourd'hui, ces calculs se font plus simplement encore : il suffit d'admettre que les densités des corps gazeux sont proportionnels à leurs équivalents.

Or, l'équivalent de l'éther acétique est $C^8H^8O^4$; on a donc :

$$C^8 = 6 \times 8 = 48$$
$$H^8 = 1 \times 8 = 8$$
$$O^4 = 8 \times 8 = 32$$

Équivalent de l'éther. . 88

Si nous multiplions la densité de l'hydrogène par cet équivalent :

$$88 \times 0{,}0693 = 6{,}0984.$$

En divisant ce nombre par 2, on a enfin :

3,05.

Tel est ce nouveau genre d'épreuve, déduit de la comparaison des densités gazeuses avec les équivalents; c'est là, comme on le voit, une confirmation extrêmement remarquable des résultats fournis par l'analyse.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

FRANCISQUE BOUILLIER. Du plaisir et de la douleur, 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 20. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 15 AVRIL 1865.

# REVUE
DES
# COURS SCIENTIFIQUES
## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1[illegible] | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences.**

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS. — **Thérapeutique.** — Cours de **M. Trousseau** : Discours d'ouverture.

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS. — **Physiologie générale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : Leçon d'ouverture. — Des liquides chez les êtres vivants.

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES DE TURIN. — **M. [illegible]** : De la méthode expérimentale.

**Bulletin des cours.**

Paris, 14 avril 1865.

La dernière séance de l'Académie des sciences a été fort longue, et les communications très-nombreuses, sinon toutes très-importantes. M. Becquerel a présenté un long mémoire sur la production du blé en France, et les variations de prix qu'il a subies depuis le commencement du siècle dernier. M. Chevreul a lu un mémoire relatif à quelques points de l'histoire des corps gras. M. Pouillet a présenté un travail de M. Cazin sur les courants discontinus; M. Dumas, un mémoire de M. Wurtz sur les densités de vapeur anomales, et une thèse sur le thallium.

M. Rayer a présenté un mémoire de M. Chenu sur les opérations chirurgicales faites pendant la campagne de Crimée. C'est la première fois qu'on publie un travail complet de ce genre, et, en effet, dans la plupart des guerres qui ont eu lieu jusqu'ici, les blessés, soignés d'abord dans les ambulances volantes, évacués ensuite sur des hôpitaux fixes, passaient ainsi successivement entre les mains de plusieurs chirurgiens, ce qui rend presque impossible un travail suivi sur les résultats de chaque opération. Pendant la campagne de Crimée, au contraire, les hôpitaux étaient concentrés, soit près de Sébastopol, soit à Constantinople, et M. Chenu a même pu retrouver dans les hôpitaux militaires de Paris les malades qui étaient venus y terminer leur guérison. Ce concours de circonstances favorables a permis à M. Chenu de faire un travail aussi nouveau qu'intéressant. Un fait remarquable, qui ressort de ses recherches, c'est que les maladies internes ont été infiniment plus meurtrières pendant cette campagne que le feu de l'ennemi. En effet, il y a eu 60 000 morts dues à des maladies internes, tandis que 10 000 soldats seulement ont été tués par le feu de l'ennemi, et 30 000 blessés, dont 10 000 mortellement. C'est là, du reste, un résultat qui a été observé plus d'une fois déjà. M. Chenu examine toutes les questions relatives à l'hygiène du soldat et à son alimentation, et donne de curieux détails sur les mesures prises à cet égard par l'administration. Entre autres réformes qu'il souhaiterait voir adopter, nous citerons seulement une plus grande variété dans le régime alimentaire des soldats par l'introduction des poissons salés, qui lui semble très-facile à réaliser; puis la substitution aux hôpitaux provisoires ordinaires des hôpitaux sous tente, tels qu'ils furent si heureusement établis par les Anglais à Balaklava. M. Velpeau s'est levé pour insister après M. Rayer sur l'intérêt de ce mémoire, et il a demandé son renvoi à la commission de statistique.

Dans un second mémoire sur les rapports entre les variations de la température à certaines époques de l'année, et la fréquence des apparitions d'étoiles filantes, M. Charles Sainte-Claire Deville a repris les points principaux de son premier mémoire, présenté quinze jours auparavant, en les précisant mieux, et en les complétant par de nouveaux calculs de températures moyennes.

Enfin, M. de Quatrefages a présenté de la part d'un correspondant une note relative à la distribution des



Digitized by Google

races humaines sur la terre, qui réfute en grande partie les conclusions d'un mémoire présenté autrefois par M. Eugène Robert, et inséré dans les *Comptes rendus*. M. E. Robert a des opinions que M. de Quatrefages lui suppose tout à fait personnelles, et il croit notamment que la Gaule aurait été peuplée par une seule race dont nous descendrions tous. C'est là un point que la *note* s'attache à réfuter, et elle examine ensuite la question des haches et silex taillés du Grand-Pressigny (Indre-et-Loire), dont M. E. Robert a contesté l'antiquité. M. Decaisne fait remarquer à cette occasion qu'il a été lui-même au Grand-Pressigny, et qu'il s'est convaincu bien vite que ces haches et ces silex étaient d'origine très-récente. D'abord toutes ces pierres sont presque au niveau du sol et non enfoncées à une profondeur notable, comme on l'a prétendu; puis, M. Decaisne a trouvé sur les lieux un fermier nommé Biard, auquel il avait été adressé par le propriétaire de la ferme, et qui lui a dit se souvenir parfaitement d'avoir vu fabriquer en cet endroit des pierres à fusil. Les silex taillés qu'on y trouve doivent donc provenir des résidus de cette fabrication, et il en est probablement de même dans bien d'autres lieux, car la France, qui a souvent eu besoin d'une grande quantité de pierres à fusil, a dû nécessairement les rechercher où elles pouvaient se trouver, c'est-à-dire dans les endroits où abondaient les silex. De là tant de pierres taillées en biseau, que les paysans ne manquent jamais de présenter de préférence aux autres, parce qu'ils savent qu'on y attache une certaine importance, quand ils ne les fabriquent pas eux-mêmes, ce qui arrive quelquefois. M. de Quatrefages répond que les témoignages comme celui que vient d'apporter M. Decaisne sont toujours très-précieux, parce qu'ils indiquent où l'on ne doit pas chercher à trouver des armes de l'homme fossile, qui ne seraient jamais très-authentiques; mais il fait remarquer en même temps que la question générale n'est nullement engagée par un pareil fait, car l'âge de pierre n'a pas encore cessé partout; et les Esquimaux notamment emploient encore des pierres taillées en fer de lance comme celles que nous trouvons en France.

— A l'Académie de médecine, M. Bouillaud a continué, mardi dernier, le discours qu'il avait commencé la semaine précédente, sur la *localisation du sens de la parole*, à propos du rapport de M. Lélut. M. Trousseau doit, paraît-il, prendre la parole sur cette question dans la prochaine séance. Nous rendrons compte de la discussion lorsqu'elle sera plus avancée.

Nous publions aujourd'hui la première leçon du cours de *physiologie générale* de M. Claude Bernard à la Sorbonne. Ce cours paraîtra intégralement dans la *Revue* comme le cours de *médecine expérimentale* du collége de France.

Émile Alglave.

---

## FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

### THÉRAPEUTIQUE.

COURS DE M. TROUSSEAU.

**Discours d'ouverture.**

Messieurs,

Laissez-moi vous dire au début de ces leçons pourquoi je suis revenu à cette chaire de thérapeutique.

Lorsqu'il y a treize ans, après quinze années d'un enseignement qu'avait accueilli quelque peu la faveur des élèves, je demandai à la Faculté de passer à la chaire de clinique de l'Hôtel-Dieu, je n'étais pas absolument un nouveau venu dans cet enseignement. J'y avais débuté dès 1831, à l'Hôtel-Dieu, où pendant quatre années je suppléai le professeur Récamier.

Plus tard, et pendant plus de seize ans j'ai continué cet enseignement, soit à l'hôpital Necker, soit à l'hôpital des Enfants.

J'ai donc pu croire un instant qu'en sollicitant l'honneur d'être professeur de clinique à la Faculté, je sollicitais un peu de repos, ou du moins, de repos relatif; mais je m'aperçus bientôt combien mon erreur était grande.

Honneur oblige! aussi, dès que je fus mis en possession d'une chaire importante comme celle de clinique dans la première, peut-être, des facultés de l'Europe, je compris qu'il n'était plus possible de me borner aux anciennes causeries cliniques de l'Hôtel-Dieu, de l'hôpital Necker et de l'hôpital des Enfants; je vis que la tâche qui m'incombait était plus rude que je ne l'avais d'abord supposé.

Il y avait une autre raison, messieurs, pour que mon labeur devînt immense, c'est qu'une rénovation complète s'accomplissait dans l'étude de la médecine, et qu'il ne m'était pas possible de rester étranger à cette élaboration qui touchait aux fondements mêmes de la science.

La physiologie, et surtout la physiologie expérimentale faisait en France, en Allemagne et en Angleterre d'immenses progrès, dont la pathologie devait nécessairement ressentir l'influence.

L'histologie pathologique, en jetant de nouvelles clartés, jetait aussi le désordre dans la pathologie et la pathogénie, telles qu'on nous les avait enseignées. Au début, il ne semblait pas que cela dût ébranler l'enseignement clinique; mais comme il est absolument impossible de faire de la clinique sans pathologie, vous comprenez que, sous peine de déchéance, le professeur de clinique devait participer au mouvement contemporain.

Entouré comme je l'étais de jeunes hommes pleins de curiosité et d'enthousiasme, obéissant d'ailleurs à la tendance de mon caractère, je me laissais pousser par eux, et je me sentais à mon tour pris d'enthousiasme et de curiosité. Aussi, ce grand labeur me plaisait et m'a plu

Digitized by Google

tant que mes forces ont pu y suffire. J'appréciais avec eux, par eux souvent, et je leur transmettais en échange les résultats de ma vieille expérience. Je m'efforçais aussi de relier les traditions de la clinique ancienne avec ce que l'anatomie, la pathologie, la clinique nouvelles venaient nous révéler.

Mais je n'étais pas entré jeune dans cette carrière nouvelle. Chaque année venait apporter son poids à celui des années précédentes; ce poids, je le supportai vaillamment d'abord, mais il me fit fléchir enfin. Il me fallut alors multiplier singulièrement les efforts, et vous me rendrez cette justice que je n'y ai pas failli. Je suis toujours resté, dans mon enseignement clinique, aussi ardent que je l'avais été au début, mais c'était au prix d'un travail beaucoup plus pénible, et je commençai l'année dernière à m'apercevoir que j'allais faire défaut à la tâche.

Or, messieurs, il me plaisait médiocrement de déchoir et de me renfermer dans ces banalités cliniques qu'on répète le lendemain, après les avoir dites la veille et qu'on ressassera quelques jours plus tard.

Il ne me convint pas de faire ainsi, et je résiliai mes fonctions; je quittai l'arène, comme le vieux lutteur de la Sicile, mais moins heureux que lui, car il n'avait jeté son gantelet qu'après sa dernière victoire, et je rentrai dans la Faculté même.

Aujourd'hui qu'après treize années écoulées je remonte dans cette chaire, que j'avais occupée pendant quinze ans, permettez-moi de vous dire, messieurs, ce que j'avais pu faire déjà pour l'enseignement de la thérapeutique.

Après 1835, j'avais entrepris avec un de mes excellents amis et collègues, M. Pidoux, une tâche des plus laborieuses; c'est-à-dire la rénovation de ce qu'on appelait la thérapeutique. Avant nous (et ici qu'on me pardonne cette petite vanité, bien permise aux gens qui vieillissent); avant nous, dis-je, la thérapeutique se trouvait dans les livres de clinique, dans des traités spéciaux sur telle ou telle maladie, mais la thérapeutique y était accolée à l'histoire naturelle et à la pharmacologie, et elle y occupait la position la plus infime. De sorte que le professeur de thérapeutique était un pharmacologiste, un botaniste ou un droguiste; mais n'était rien moins qu'un médecin.

Si vous voulez lire des livres anciens sur la matière et même les livres du siècle passé, vous trouvez l'*Apparatus medicaminum* de Murray, continué au siècle dernier par Gmelin.

C'est une réunion assez indigeste de tous les médicaments cités les uns après les autres; avec leur origine, autant qu'on la pouvait savoir; avec leurs propriétés chimiques, autant qu'on les pouvait connaître alors et une indication très-sommaire de leurs propriétés médicamenteuses. Quant aux indications thérapeutiques, elles faisait absolument défaut.

Dans le commencement de ce siècle, Schwilgué et Alibert, mon prédécesseur dans cette chaire, firent un traité de Matière médicale dans lequel la thérapeutique tient le rang le moins important.

L'ouvrage que nous publiâmes avec M. Pidoux, en 1836, eut cette rare influence que le concours pour la chaire de thérapeutique fut institué ici. Les juges étaient déjà influencés par l'opinion publique et ils voulaient un médecin; ils ne voulaient plus d'un pharmacologiste. C'était une révolution faite en notre faveur, non pas de nous personnellement, mais en faveur des médecins. Je fus nommé à cette chaire et je continuai ce que nous avions fait avec M. Pidoux, c'est-à-dire que je mis toujours sur le second rang l'enseignement de la matière médicale qui me regardait à peine, tandis qu'auparavant c'était une chaire de matière médicale et de thérapeutique. La matière médicale fut donc subordonnée à la thérapeutique, et celle-ci tint et occupa définitivement le premier rang. Dans mes livres, dans mon enseignement, mon but fut toujours de relier les indications à l'idée de l'agent médical. Vous comprenez qu'il était impossible de le faire sans clinique et sans pathologie, aussi la pathologie devait-elle occuper le premier rang.

Il importe bien plus au médecin de connaître les propriétés médicales d'un médicament, que d'en savoir l'origine et la nature intime; cette dernière notion n'est que d'une importance médiocre et vous en allez avoir la preuve.

Je vais ici exagérer un peu ma pensée pour la rendre plus saisissante :

Je suppose qu'un élève passe son quatrième examen et que, par hasard, je l'interroge sur l'opium. S'il me dit qu'il ignore d'où vient l'opium, qu'il ne sait pas que l'opium provient d'un *papaver*, je ne trouverai pas cela très-orthodoxe; mais pourtant, si, continuant l'examen, je constate qu'il connaît les propriétés diverses de ce médicament, qu'il en sait merveilleusement toutes les applications, il me semble que je lui serai très-indulgent et peut-être favorable, tout en l'engageant à apprendre que l'opium est le suc d'un pavot.

Sydenham ne savait pas ce que c'était que l'écorce du Pérou; Torti ne le savait pas davantage. Il y a tout au plus cent vingt ans qu'on le sait. Sydenham avait reçu certaine écorce du Pérou, et il l'appelait écorce du Pérou comme il appelait écorce du Brésil celle qui provenait du Brésil. Eh bien, quoiqu'il ignorât ce qu'était cette écorce du Pérou, il en connaissait les propriétés, et personne mieux que lui n'a connu le mode d'application du quinquina.

Par conséquent, il est bien entendu que la notion intime des médicaments, quoique étant une chose utile, est cependant en thérapeutique une chose très-secondaire; parce qu'en définitive bien connaître le mode d'action est beaucoup plus essentiel pour un médecin que de bien connaître l'origine.

On a fait de nombreuses recherches sur les eaux minérales depuis le commencement de ce siècle. Il en est

Digitized by Google

un grand nombre dans lesquelles la chimie la plus savante n'a encore rien découvert qui puisse en expliquer les propriétés; il en est d'autres où la chimie a été plus heureuse, et cependant, à l'aide des agents contenus dans ces eaux minérales, et que la chimie sait en extraire, nous ne savons pas modifier les maladies comme on les modifie à l'aide de ces eaux minérales elles-mêmes. Et notez ce fait curieux : c'est qu'avant le commencement de ce siècle, toutes les grandes eaux minérales de l'Europe étaient aussi réputées qu'elles le sont aujourd'hui; j'ajoute que leur composition chimique mieux connue a quelquefois égaré les médecins, mais qu'elle ne leur a rien appris quant à leurs vertus thérapeutiques. Ceci ne veut pas dire que je dédaigne complétement les notions d'histoire naturelle. Je les mets seulement sur un plan secondaire, et j'attache une importance beaucoup plus grande à la notion de l'action elle-même et aux indications que l'on remplit avec le remède.

Il n'est guère possible, messieurs, de faire un pas en thérapeutique sans pathologie et sans clinique. Lorsque je commencerai devant vous l'histoire du fer, si je me bornais à vous raconter qu'on donne le fer pour la chlorose, je vous dirais là une de ces banalités grossières que toutes les bonnes femmes connaissent. Aussi va-t-il falloir que je vous dise dans quelle forme de l'anémie il convient d'administrer le fer; je devrai distinguer la chlorose chronique, la chlorose des jeunes filles, de l'anémie aiguë, l'anémie chronique, de la leucocythémie, etc. Il faut de toute nécessité que j'intervienne avec des connaissances pathologiques et cliniques; autrement il me serait impossible de vous faire un enseignement utile. Il faut bien que je vous dise ce que c'est que la chlorose, et comment je comprends la chlorose; en quoi la chlorose diffère de l'anémie, en quoi les anémies diffèrent l'une de l'autre, puisque les unes guérissent avec le fer et que les autres n'obéissent pas au fer, et sont même aggravées par les préparations ferrugineuses.

Il est donc absolument impossible que sans la pathologie et sans la clinique nous fassions quelque progrès en thérapeutique. Il est encore, messieurs, une première notion sans laquelle il faut renoncer à jamais à donner des médicaments : c'est la connaissance de la marche naturelle des maladies.

Nous avons, en présence d'un individu malade et d'une famille qui nous appelle à son secours, un singulier désir de donner des remèdes. L'individu souffre, et veut qu'on le soulage; la famille est anxieuse et nous demande des consolations. Rester immobile en présence de l'affection du malade et de la douleur d'une famille, ce serait une cruauté de la part du médecin; ce pourrait quelquefois être un danger pour lui. C'est ainsi que, malgré lui, le médecin se laisse aller à prescrire des remèdes. Je ne me plains pas, si le médecin ne fait en définitive que de la médecine de consolation; s'il se contente de ramener la tranquillité dans l'esprit d'une mère qui l'implore, tout en sauvegardant sa situation, ce qui lui est toujours permis. Mais si ce médecin donne un remède, et que le malade étant guéri trois ou quatre jours après, il attribue à ce remède la guérison à laquelle le remède n'a pas pris part, voilà ce dont je me plains.

Le médecin devrait savoir que parfois, en donnant quelque chose, il ne donne que des riens; que, dans certains cas, sa médecine n'est purement qu'expectative. S'il ne le sait pas, il doit renoncer à l'étude de la thérapeutique.

Lorsque je devins médecin des hôpitaux, il régnait d'étranges idées sur la gravité de certaines maladies.

La *phlegmatia alba dolens*, si commune chez les individus atteints de cancer et chez les femmes nouvellement accouchées, était regardée comme une phlegmasie. Or, de toutes les phlegmasies, l'inflammation des veines étant l'une des plus sérieuses, la *phlegmatia alba dolens* était réputée une affection très-grave. On faisait flèche de tout bois contre elle : les sangsues, les bains, les frictions mercurielles, les antiphlogistiques, tout était donné, tout était prodigué; et les malades guérissaient, qui plus tôt, qui plus tard.

Lorsque je pris le service de l'Hôtel-Dieu, j'eus dans le cours de la première année douze à quinze cas de *phlegmatia alba dolens*, qui tous guérirent. Attendu que si la *phegmatia alba dolens* peut survenir dans une maladie incurable comme le cancer, tant qu'elle n'intéresse pas quelque tronc veineux, ce n'est pas une grosse chose.

Je fus étrangement surpris de guérir si facilement mes malades par les diverses médications que j'employais. Mais quelque plaisir que pût y trouver mon amour-propre, je finis par me demander si un aussi grand bonheur ne tenait pas à ce que la maladie avait peu de gravité. En conséquence, l'année suivante, je me mis à faire de la médecine d'expectation. Je dois confesser ici que mes malades guérirent plus vite et mieux; car ils n'eurent pas à guérir de la thérapeutique mise en œuvre, thérapeutique qui était quelquefois violente, périlleuse, et entraînait une faiblesse que les malades avaient quelque peine à surmonter.

J'en dirai autant de l'érysipèle de la face; on le considérait comme une maladie redoutable. Eh bien, dans l'espace de trois ans, dans cinquante-sept cas d'érysipèle, je ne perdis qu'un malade. Il fallait bien en conclure que l'érysipèle de la face, que nous observons en temps ordinaire dans les services hospitaliers, n'est pas généralement une maladie sérieuse, et que l'expectation la plus simple suffit pour la mener à bien.

Il en est de même de l'angine phlegmoneuse, qui guérit malgré nous, et guérit même généralement un peu plus vite que lorsque nous appliquons des sangsues.

Vous voyez donc qu'il est essentiel, capital, de connaître la marche naturelle des maladies; car, si vous vous imaginez qu'une maladie est très-grave et que vous appliquiez à cette maladie une médication quelle qu'elle soit, vous êtes naturellement portés à attribuer à cette

Digitized by Google

médication des vertus qui vous conduiront à employer le même traitement dans d'autres maladies; et vous arrivez ainsi à faire une thérapeutique fondée sur des notions complétement inexactes.

Il est, messieurs, d'autres notions encore que vous devez posséder : c'est d'abord la notion de l'action physiologique des médicaments. Vous allez vous servir d'une arme : il faut savoir au moins si elle pique ou si elle taille; il faut en connaître la portée ; il faut en connaître les usages.

Nous avons peu de remèdes qui soient aussi puissants que l'opium pour combattre les vomissements; nous en avons peu qui les produisent aussi facilement. Ainsi, l'opium, donné dans une certaine mesure, calme les vomissements; tandis qu'administré dans une autre mesure, il les provoque bientôt. Si le médecin ignore ces choses, et qu'il se trouve en présence d'un malade qu'il traite par l'opium, il pourra donc déterminer des accidents d'une nature assez grave. Tandis que celui qui sait qu'on calme les vomissements en donnant l'opium à dose très-minime, et qu'à dose inverse on obtient un résultat tout opposé, celui-là administrera son médicament de la façon convenable et en obtiendra les effets les plus bienfaisants.

Lorsqu'on saigne un malade à outrance, ou lorsqu'il y a eu une grande perte de sang, comme chez une femme, par exemple, à la suite des couches, on a observé un fait curieux : c'est la fréquence très-grande du pouls. Ce n'est pas tout : suivant une observation du docteur Peter, la température s'élève alors et monte quelquefois de 39 à 40 degrés au lieu de 37, qui est le chiffre normal. Voici donc, par le seul fait d'une grande émission sanguine, une véritable fièvre, une fièvre véhémente, qui s'allume; et, comme vous le savez tous ici, il peut survenir alors des phénomènes nerveux d'une gravité extrême. Or, si une attaque d'éclampsie se guérit à merveille sous l'influence d'une saignée largement faite, vous m'accorderez aussi que dans l'attaque d'éclampsie qui succède à une émission sanguine, la saignée est assez peu opportune. Si nous constatons encore que certaines fièvres guérissent très-bien sous l'influence des émissions sanguines, vous m'accorderez aussi que la fièvre qui, comme dans le cas dont je viens de vous parler, s'allume sous l'influence d'une grande hémorrhagie, ne devra pas céder à une nouvelle hémorrhagie provoquée par votre lancette.

Ainsi donc, la connaissance de l'action thérapeutique du remède *saignée*, comme tout à l'heure celle du remède *opium*, vous est d'une utilité incontestable. Elle vous démontre surabondamment l'impossibilité d'employer une médication, si l'on ignore l'influence qu'elle peut exercer sur l'économie, en dehors de l'état de maladie.

Arrivons maintenant à l'étude de la thérapeutique proprement dite, c'est-à-dire à l'action des médicaments appliqués aux maladies.

Nos origines sont des origines modestes. Nous avons commencé (je parle de la médecine en général, qui remonte à quelques milliers d'années), nous avons commencé, dis-je, à peu près par la médecine des commères et des matrones; puis est venu l'empirisme, ce grand maître dans les arts comme dans les sciences. Voyons donc, après de tels débuts, quelle a été la marche naturelle de la médecine et de la thérapeutique, et comment on est arrivé au point qu'on a atteint aujourd'hui.

Il était fort simple qu'un individu se tînt au lit quand il était dévoré par la fièvre et quand ses membres semblaient brisés. On en a immédiatement déduit ce précepte : « Tout individu atteint de fièvre sera mis au lit et gardera le repos. » Il avait soif, on lui donna des boissons fraîches, et nous le faisons encore tous les jours. On avait vu la sueur provoquer une crise, on donna au malade des sudorifiques ou on le couvrit davantage.

Le repos, les boissons, les bains, ont ainsi été les premiers remèdes. Mais la maladie étant considérée par les malades, ainsi qu'elle l'est encore aujourd'hui par les peuples à l'état sauvage, comme une punition céleste, il était assez naturel que la thérapeutique théurgique s'en mêlât quelque peu et qu'on demandât aux ministres des dieux des secours contre les maux que les dieux envoyaient.

La médecine théurgique ne fut pas toujours des plus éclairées, ainsi que vous pouvez le savoir. Au moyen âge, comme de nos jours, elle ne se compose que de très-peu de chose : c'est un incohérent assemblage de remèdes insignifiants; mais ce n'est pas encore de l'empirisme raisonnable.

Les premières notions de cet empirisme furent toutes de hasard, et nous allons voir comment l'empirisme s'élevant à l'induction, puis à la théorie, puis à la systématisation, il cessa d'être l'empirisme pour devenir, non pas la science, mais quelque chose qui, dans une certaine mesure, sera presque une science.

Lorsque les Espagnols s'emparèrent de l'Amérique du Nord et du Sud, ils y apportèrent leur religion et leur médecine.

A cette époque, il était de tradition, et cela depuis des siècles, de modifier la dyspepsie symptomatique de la fièvre intermittente, en donnant des boissons amères telles que la centaurée, la gentiane, etc. De sorte que lorsqu'au Pérou on prescrivit des boissons amères, on alla les chercher où elles étaient. C'est ainsi qu'on prit l'écorce d'un arbre qu'on appelait la cascarille (aujourd'hui encore ceux qui vont chercher le quinquina s'appellent cascarilleurs), et l'on s'aperçut que la décoction de cette écorce, au lieu d'avoir seulement les propriétés ordinaires des autres substances amères, qui ne faisaient que soulager la fièvre intermittente, guérissait complétement cette fièvre.

Ce fut une affaire toute de hasard. Pourquoi choisit-on cette écorce plutôt qu'une autre, personne n'en sut jamais rien; on constata seulement le fait, puis il advint

Digitized by Google

que la vice-reine du Pérou prit la fièvre et la garda deux grands mois; qu'un prêtre vint dire qu'un Indien lui avait révélé les propriétés d'une plante qui, prise en décoction, guérissait la fièvre. La vice-reine en prit, fut guérie, et tout fut dit. Tels furent les débuts thérapeutiques du quinquina, débuts bien humbles, ainsi que vous pouvez voir.

Toutes les sources minérales étaient réputées sacrées. Aussi trouve-t-on généralement autour d'elles les traces d'un temple destiné à remercier la Providence, et consacré à la source déifiée.

Certaines sources minérales laissaient déposer une espèce de limon ocreux; c'étaient des sources ferrugineuses. Une pauvre fille pâle, qui avait ou n'avait pas ses règles, mais qui était atteinte de chlorose, but à cette source, en même temps que d'autres à qui cette eau pouvait être nuisible, mais cette jeune fille s'en trouva bien. Il y eut là quelqu'un pour constater que cette eau, qui déposait de la boue ocreuse, avait été utile, et pour en conclure qu'elle était bonne pour la chlorose; on prescrivit alors cette eau sans avoir d'autre motif. Aujourd'hui qu'on connaît l'effet des préparations ferrugineuses, on donne du fer; mais alors ce n'était que de l'empirisme, rien de plus. Il y avait un fait pur et simple, et rien à côté.

Avant le siècle dernier (en vertu de je ne sais quelle idée), on faisait manger des éponges torréfiées aux gens qui avaient un goître, et on leur appliquait sur le cou des sachets de ces mêmes cendres. Pendant deux cents ans, ce fut une médication qui eut cours; il en était d'elle comme de celle qui consiste à administrer l'os de cœur de cerf (bien qu'il n'y ait pas d'os dans le cœur), ou la corne d'élan pour guérir certaines maladies. Quoi qu'il en puisse être de l'idée qui présidait à la médication (si tant est qu'il y eût une idée), toujours est-il qu'on donnait l'éponge torréfiée, et qu'après l'avoir administrée assez longtemps, on arriva à reconnaître que cela guérissait. Comment? on n'en savait rien, mais le fait était là.

Jusque-là donc empirisme brutal et rien de plus. Ce n'était qu'une médecine de recettes.

Voyons maintenant ce qui est du domaine de l'intelligence, et arrivons à la période d'induction.

Nous sommes ainsi faits, messieurs, que notre esprit agit comme notre cœur, comme notre estomac, c'est-à-dire à notre insu; à la vue de deux objets, il est impossible que vous n'établissiez pas une comparaison : l'un est grand, l'autre est petit; la comparaison naît d'elle-même. En présence de plusieurs objets semblables ou divers, il n'est pas possible que vous ne voyiez pas la similitude ou la dissemblance, et que malgré vous, vous ne jugiez et ne systématisiez dans une certaine mesure. C'est là une tournure invincible de notre esprit. Cela s'accomplit malgré nous, à notre insu, quoi que nous fassions.

Voyons donc comment l'empirisme grandit avec cette faculté innée de l'homme, et comment « en mettant de l'intelligence dans les faits purs », il est arrivé, en définitive à constituer ce que nous appelons une science, peut-être à tort, mais ce qu'on peut appeler au moins un art, l'art de guérir.

L'Indien avait vu que le quinquina guérissait la fièvre et il l'avait dit. Le quinquina est envoyé aux Jésuites de Rome; on le donne d'après des prescriptions indiquées et venues du Pérou, et l'on guérit la fièvre.

Il y a dans la fièvre intermittente deux facteurs que chacun sait immédiatement distinguer : le facteur *périodicité* et le facteur *fièvre*.

Un malade est atteint d'une névralgie sous-orbitaire, laquelle revient chaque second jour, exactement à la même heure et sans fièvre. Presque involontairement le médecin, car c'est bien involontairement qu'il y est conduit, fait à part lui ce raisonnement : Le facteur périodicité a été merveilleusement combattu par la quinine, et, bien qu'il n'y ait pas de fièvre dans cette névralgie, essayons donc si la quinine ne réussirait pas pour combattre le facteur périodicité. Il donne la quinine et il guérit par ce médicament la névralgie sous-orbitaire.

Voilà déjà, comme vous voyez, une assimilation presque invincible de la part du médecin; c'est presque forcément qu'il y a été conduit.

Mais vous allez voir jusqu'où l'on peut aller de déduction en déduction; il y a dans la névralgie deux facteurs : le facteur *périodicité* et le facteur *douleur;* voici maintenant une maladie qu'on appelle le rhumatisme articulaire aigu, et qui est caractérisée par des douleurs exquises sans périodicité. Le médecin se dit encore : Le facteur douleur pourrait-il par hasard être combattu par la quinine, qui a si bien réussi dans la douleur de la névralgie périodique? Il donne la quinine dans le rhumatisme articulaire aigu, et il réussit.

Vous voyez qu'ici ce n'est plus tout à fait de l'empirisme pur; c'est déjà un empirisme où l'esprit intervient singulièrement, et tout médecin n'arriverait pas à ces conclusions. Il faut déjà un certain esprit pour saisir ces relations, systématiser le traitement et en étendre l'application.

Lorsque Courtois, en 1820, analysant les éponges, y découvrit de l'iode et tant d'autres choses, Coindet (de Genève), qui le voyait travailler, se dit : Voyons donc si dans les affections scrofuleuses l'iode ne constituerait pas une médication utile? Essayons. Si Coindet ne l'eût pas essayé, un autre l'aurait fait sans doute; quoi qu'il en soit, il essaya l'iode, et l'iode guérit en effet.

Voilà, messieurs, les effets de l'intervention de l'intelligence dans la médecine.

Eh bien, ce n'est pas tout encore. Il faut arriver, non pas à dire : le quinquina est bon dans la fièvre intermittente; le fer est utile dans la chlorose; il faut parvenir à ce qu'on a appelé des méthodes de traitement. Et ces méthodes de traitement, les pathologistes et les clini-

Digitized by Google

ciens seuls savent les découvrir. Donner du quinquina dans une fièvre intermittente, mais c'est ce que font les gens les plus ignorants du monde. Il n'y a pas, — je ne dis pas un élève en médecine, — mais pas un homme, pas un paysan le plus vulgaire que vous supposiez, qui ne sache demander au médecin de la quinine pour couper sa fièvre, ou qui n'en aille chercher chez le pharmacien de la ville la plus proche. On lui donne de la quinine pour couper la fièvre, et on la lui coupe ; mais on ne la guérit pas, entendez-vous bien.

Ah! c'est là qu'apparaît la méthode. Voilà où l'observation clinique faite par un homme qui s'appelle Sydenham montre qu'il y a dans la fièvre intermittente une persévérance à longue portée; comme quoi cette persévérance produit des phénomènes intermittents, qui vont en se reproduisant, et comme quoi la médication ne saurait être efficace que lorsqu'elle sera aussi longue et aussi énergique que l'était l'affection elle-même. Et alors Sydenham établit une *méthode* de traitement pour la fièvre intermittente. Voilà donc où l'intelligence du clinicien, du pathologiste intervient. Sans cela, il eût été impossible de faire de la thérapeutique; on n'eût fondé qu'un empirisme plus étendu. Mais dès qu'on eut systématisé, on a fait mieux que de l'empirisme.

Depuis des siècles, on modifie les bourgeons charnus par la pierre infernale; depuis longtemps on emploie la cautérisation dans une multitude de circonstances. On est enfin arrivé à systématiser cette médication et à voir ce qu'il y avait de commun dans les divers remèdes qu'on employait dans ces différentes affections, et, c'est ainsi qu'on a institué une médication dite *substitutive* : médication d'une grande puissance, qui aujourd'hui joue un rôle si utile dans la thérapeutique. On a vu qu'étant donnée une maladie aiguë ou chronique, dans le plus grand nombre des cas il était possible au médecin, avec les agents de la médication substitutive, de guérir cette maladie et de substituer une affection de très-courte durée à une affection très-longue.

Vous voyez, messieurs, combien nous sommes loin de l'empirisme. Vous voyez aussi que, malgré l'humilité de notre origine, nous arrivons graduellement, par la pratique raisonnée, par l'étude attentive de l'action des médicaments, par la systématisation enfin, à des résultats d'une très-grande importance.

C'est de la sorte, messieurs, que la médication intervient l'intelligence aidant, qu'elle devine, qu'elle interprète, qu'elle découvre de nouveaux horizons et que l'art médical ainsi pratiqué, arriverait presque à l'exactitude d'une science, si jamais il lui était donné d'atteindre à cette prétendue perfection. Il ne faut cependant pas trop nous en plaindre. Les sciences, avec leur exactitude, ont cela de triste, qu'elles ne laissent rien à faire à l'esprit une fois les résultats obtenus ; tandis que l'art, tout individuel, tout personnel, s'exerce sur des objets imparfaitement définis, essentiellement variables, de telle sorte qu'il existe une lutte perpétuelle, laquelle tient constamment l'esprit en éveil.

Aussi le vrai médecin se console-t-il de ne pas toujours atteindre la vérité ou de la voir fuir devant lui, par le plaisir qu'il éprouve à la poursuivre, dût-il ne l'atteindre que rarement. Aussi encore doit-il être convaincu que sa vie est une vie de labeur incessant, de recherches continuelles, de déceptions inattendues, de triomphes rares et incertains. Et pourtant, quand l'heure du repos éternel a sonné, il s'endort avec la pensée du devoir accompli et des bons exemples qu'il laisse à ceux qui vont lui succéder.

---

## FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

## PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE.

### COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

**Leçon d'ouverture. — Des milieux chez les êtres vivants.**

Les êtres vivants se divisent, comme vous savez, en animaux et végétaux, et, d'un autre côté, on a distingué les fonctions qui s'accomplissent chez les animaux en deux classes : les fonctions appelées proprement *animales* et les fonctions que l'on nomme *végétatives*.

Cette division, pour ainsi dire, est aussi ancienne que la science; les différences que présentent les animaux et les végétaux étaient effectivement trop sensibles pour ne pas frapper immédiatement les yeux. Toutefois la division des fonctions ne remonte guère au delà de Buffon, qui l'indiqua le premier; Bichat la développa et la fit accepter presque universellement dans les sciences physiologiques, de telle sorte qu'il se l'est véritablement appropriée et que c'est à lui surtout qu'on doit en rapporter l'honneur. Cette classification semble indiquer qu'il y a des fonctions particulièrement propres aux végétaux, puis d'autres fonctions spéciales aux animaux, et que les animaux réuniraient en eux ces deux ordres de fonctions.

Pour Bichat, la grande division des fonctions vitales admet encore la distinction des fonctions relatives à l'espèce et des fonctions relatives à l'individu; ces dernières se subdivisaient à leur tour en fonctions de la vie animale et fonctions de la vie végétative ou organique. Quant aux fonctions relatives à la vie de l'espèce, il les considérait comme faisant partie de la vie végétative, parce que les végétaux avaient, aussi bien que les animaux, la faculté de se reproduire. Parmi les fonctions relatives à l'individu et comprises dans la vie végétative, Bichat rangeait la *digestion*, la *respiration*, la *circulation*, les *sécrétions*, les *exhalations*, l'*absorption*, la *nutrition* et la *calorification*; les fonctions de la vie animale compre-

Digitized by Google

naient les *sensations*, les *fonctions cérébrales*, la *locomotion*, la *voix*, la *transmission nerveuse*, le *sommeil*, etc.

Voici un tableau qui résume la classification des phénomènes de la vie, d'après les idées de Bichat :

CLASSIFICATION DES FONCTIONS DE LA VIE, D'APRÈS BICHAT.

| | |
|---|---|
| 1° *Fonctions relatives à l'individu.* | Fonctions animales.<br>Fonctions organiques ou végétatives. |
| 2° *Fonctions relatives à l'espèce.* | Fonctions relatives au sexe fémin proprement dit.<br>Fonctions relatives à l'union des sexes. |

**I. — Fonctions relatives à l'individu.**

| | |
|---|---|
| *Fonctions animales.* . . . . . | Sensation.<br>Fonctions cérébrales.<br>Locomotion. Voix.<br>Transmission nerveuse.<br>Sommeil. |
| *Fonctions organiques ou végétatives.* | Digestion.<br>Respiration.<br>Circulation.<br>Sécrétions.<br>Exhalations.<br>Absorption.<br>Nutrition.<br>Calorification. |

**II. — Fonctions relatives à l'espèce.**

Production de la semence.
Menstruation.
Production du lait.
Production des fluides propres à la génération.
Génération.
Gestation.
Accouchement.

Bichat, localisant toutes les fonctions de la vie dans des tissus distincts, avait dû imaginer, parallèlement à sa classification des fonctions, une classification analogue des propriétés des tissus, et par suite de leur constitution. Il est bien entendu qu'il distinguait d'abord dans les tissus des propriétés physiques et des propriétés vitales. Ce sont les propriétés vitales qui nous importent seules ici. Or, Bichat divisait les propriétés vitales des tissus en propriétés animales et propriétés organiques ou végétatives, comme il avait divisé les fonctions en fonctions animales et fonctions organiques. Chacun de ces deux ordres de propriétés se divisait en *sensibilité* et *contractilité;* à la sensibilité animale correspondait le système nerveux de la vie animale, et à la contractilité animale le système musculaire de la vie animale. La sensibilité organique résidait dans le système nerveux de la vie organique, et la contractilité organique, dans le système musculaire de la vie organique lorsqu'elle était sensible, et dans le système cellulaire lorsqu'elle était insensible. Voici un tableau qui résume cette classification des propriétés vitales des tissus, d'après les idées de Bichat :

CLASSIFICATION DES PROPRIÉTÉS VITALES DES TISSUS, D'APRÈS BICHAT.

**I. — Propriétés animales.**

*Sensibilité.* — Système nerveux de la vie animale.
*Contractilité.* — Système musculaire de la vie animale.

**II. — Propriétés organiques.**

*Sensibilité.* — Système nerveux de la vie organique.
*Contractilité.* { Sensible : — Système musculaire de la vie organique.
Insensible : — Système cellulaire.

Nous n'indiquons ces classifications que pour montrer qu'elles ne sont plus admissibles en physiologie générale, parce qu'il est évidemment impossible de distinguer chez tous les animaux deux systèmes musculaires, deux systèmes nerveux, etc. Ce n'est pas à dire pourtant que ces classifications soient fausses; elles répondent, jusqu'à un certain point, aux trois grandes facultés des êtres vivants : *se nourrir*, — *se reproduire*, — *sentir* et *se mouvoir*. Se nourrir et se reproduire sont les facultés les plus simples, et elles caractériseraient à elles seules les organismes peu compliqués, notamment les végétaux (1); se nourrir et se reproduire, mais de plus sentir et se mouvoir, caractériserait les organismes plus complexes, et notamment les animaux. Ces trois caractères, ou plutôt ces trois fonctions : nutrition, reproduction, sensibilité et locomotion, se retrouvent encore dans les organismes les plus élémentaires et vivant comme individus isolés, tels que les infusoires.

A la fois claires et commodes, ces classifications représentent assez bien les phénomènes de la vie chez les animaux supérieurs, et elles conviennent parfaitement pour la physiologie spéciale de l'homme et des animaux élevés, mais elles ne peuvent plus se soutenir quand on veut les appliquer aux animaux inférieurs, qui accomplissent pourtant les mêmes fonctions que les autres, et par suite la physiologie générale ne peut pas les accepter.

En effet, la physiologie générale, comme nous le disions l'année dernière, se place à un point de vue bien différent de celui de la zoologie ou de l'anatomie. Elle ne classe point les êtres vivants ni les fonctions qu'ils accomplissent, elle classe les phénomènes de la vie. Son but est de déterminer les conditions élémentaires de la manifestation de ces phénomènes vitaux, sans s'inquiéter des modifications qu'ils peuvent présenter ou des organismes dans lesquels ils se produisent. Les termes de *physique animale* et *physique végétale*, usités autrefois, étaient donc excellents, parce qu'ils indiquaient très-nettement ce but. Le physicien, en effet, cherche à déterminer les propriétés générales et universelles de la matière sans s'inquiéter des diversités de nature et d'emploi que peut présenter cette matière : il étudiera, par exemple, l'élasticité dans un ressort; mais peu lui importe à quoi sert le ressort. Il en est de même de la physiologie générale. Elle étudie les propriétés des éléments actifs de l'organisme; mais, quand elle a déterminé ces propriétés, peu lui importe ensuite à quoi serviront les éléments qui les possèdent, et dans la constitution

(1) Cependant les végétaux se meuvent élémentairement, c'est-à-dire qu'ils possèdent des éléments histologiques mobiles, bien que leurs organes ne le soient pas en général.

Digitized by Google

de quel animal ils sont destinés à entrer ; pour la physiologie générale, une fibre musculaire est toujours une fibre musculaire, et simplement une fibre musculaire, qu'elle serve à faire battre le cœur ou à mouvoir un membre, qu'elle soit prise chez un insecte, chez un batracien ou chez un homme.

La physiologie générale voit deux choses dans la constitution des organismes, des solides et des liquides : des solides, c'est-à-dire des éléments organiques doués de propriétés vitales déterminées, et qui sont les parties actives des tissus vivants ; puis des liquides dans lesquels vivent les éléments organiques, et qui fournissent à ces éléments le milieu nécessaire à leurs manifestations vitales. Il y a donc à distinguer dans la physiologie générale les propriétés des éléments organiques ou des tissus, et les propriétés des liquides. Nous avons étudié l'année dernière les propriétés des tissus vivants (1). Le cours de cette année sera consacré aux propriétés des liquides.

Les liquides, avons-nous dit, sont les milieux indispensables de la vie ; ils sont une condition *sine quâ non* de la manifestation de tous les phénomènes vitaux, et l'on pourrait presque dire de tous les phénomènes de la nature, car en chimie, par exemple, en supprimant l'eau, on empêche du même coup presque toutes les réactions de se produire : *Corpora non agunt, nisi soluta*, dit un vieil adage que la science moderne peut encore accepter. Sans l'eau, qui est la base de tous les liquides organiques, les phénomènes de la nature brute disparaissent donc ; la vie disparaît aussi. Tous les éléments organiques vivent, en effet, dans des solutions organiques, et ne peuvent vivre que là. A ce point de vue, la physiologie générale n'admet pas les distinctions de la zoologie. Le zoologiste distingue les animaux suivant qu'ils vivent dans l'air, dans l'eau ou dans la terre ; il y a donc pour lui des animaux aériens, des animaux aquatiques et des animaux terrestres. Pour la physiologie générale, tous les éléments vivants sont aquatiques, c'est-à-dire plongés dans des liquides. Il y a sans doute beaucoup d'organismes complexes, animaux ou végétaux, qui vivent dans l'air, mais aucun organisme élémentaire ne peut vivre dans ce milieu. Si l'animal en bloc se tient et se meut dans l'air, ce n'est que par un artifice de construction. Le corps d'un animal peut se comparer à ces bocaux remplis d'eau dans lesquels nous élevons des animaux : le bocal est évidemment au milieu de l'air, mais les animaux n'y sont pas ; ils vivent plongés dans l'eau. L'organisme d'un animal aérien dans son ensemble représente donc en quelque sorte un vase qui contient tous les éléments histologiques, et leur permet d'être sans cesse humectés par des liquides organiques convenables. Les éléments organiques végétaux sont ainsi plongés dans la séve, et nos éléments histologiques dans le sang, bien que nous vivions au milieu de l'air.

Il y a deux sortes de liquides à considérer dans les êtres vivants : 1° Les liquides propres des éléments anatomiques ; 2° les liquides organiques ambiants au milieu desquels vivent ces éléments.

Les liquides propres des éléments organiques, ou liquides interstitiels, sont ceux qui imprègnent la matière même de ces éléments ; ils diffèrent toujours des liquides ambiants au milieu desquels sont plongés les éléments histologiques, et nous verrons tout à l'heure que cette différence de nature des deux espèces de liquides est une condition indispensable de la vie. Prenons, par exemple, une infusion dans le sein de laquelle se développent des infusoires tellement simples, qu'on les a considérés comme des cellules organiques isolées. Toutefois, ces petits êtres sont en réalité moins simples qu'on ne l'a cru ; mais que vous y voyiez de simples cellules organiques ou que vous les appeliez des organismes élémentaires, toujours est-il qu'ils ne sont pas imbibés par l'infusion au milieu de laquelle ils se développent, mais bien par un liquide propre et d'une nature différente. Chez les animaux supérieurs, les globules du sang, qui représentent de véritables éléments histologiques isolés et flottants, ne sont pas non plus imbibés par le plasma au milieu duquel ils sont plongés ; on l'avait cependant cru pendant longtemps, mais bien à tort, et cette croyance a introduit une cause d'erreur notable dans les analyses du sang. Enfin, si nous passons aux plantes, nous verrons que le liquide des cellules végétales diffère également de la séve proprement dite.

Il y a donc partout des liquides propres aux éléments organiques et des liquides ambiants nécessaires à leur vie.

En effet, la vie n'est qu'un échange entre l'intérieur et l'extérieur, et c'est cet échange qui constitue la nutrition. Or la nutrition des éléments histologiques s'opère par endosmose, et ne peut dès lors s'accomplir que si les conditions de l'endosmose existent. Il n'est pas nécessaire de vous rappeler ici les lois de ce phénomène si intéressant ; lorsque deux liquides différents sont séparés par une membrane organique, il s'opère, comme vous le savez, un échange entre ces deux liquides au travers de la membrane qui les sépare ; le liquide extérieur passe en partie à l'intérieur, tandis que celui de l'intérieur passe à l'extérieur. Le résultat auquel tend ce double mouvement, serait évidemment de mélanger les deux liquides intérieur et extérieur, en égales proportions, de manière à les rendre identiques, à moins qu'une cause permanente ne vienne renouveler, et rendre sans cesse à un des liquides les éléments qu'il perd incessamment. Si les deux liquides devenaient identiques des deux côtés de la membrane, l'endosmose s'arrêterait aussitôt, et il n'y aurait plus aucun mouvement dans les liquides. Voilà ce qui arriverait dans les éléments histologiques, s'il s'établissait un parfait équilibre

(1) Les vingt-huit leçons faites l'année dernière par M. Claude Bernard sur les *propriétés des tissus vivants* ont été publiées intégralement, en seize articles, dans la *Revue des cours scientifiques*.

Digitized by Google

des deux côtés des parois, c'est-à-dire si le liquide propre de la cellule finissait par présenter exactement la même constitution que le liquide ambiant. Mais l'arrêt de l'endosmose, c'est l'arrêt de la nutrition, et par suite l'arrêt de la vie. Quand le liquide propre est arrivé à ressembler tout à fait au liquide ambiant, il y a *imbibition* de l'élément organique, et cette imbibition entraîne aussitôt sa mort en arrêtant sa nutrition. Nous avions donc bien raison de dire que la différence entre le liquide propre de l'élément et le liquide ambiant est un phénomène essentiel de la vie.

Les liquides ambiants entourent les éléments organiques, et contiennent les conditions de leur existence : c'est là que ces éléments puisent les matériaux nécessaires à la conservation de leurs propriétés, et rejettent les substances qui ayant déjà servi sont devenues impropres à entretenir la vie. Le liquide ambiant ne peut donc jamais être un liquide simple; il doit au moins contenir les substances constitutives de l'élément organique qui vit dans son sein, car la vie ne crée point de matière minérale ni d'autre matière qui lui serait spéciale; elle ne fait que grouper organiquement les matériaux inorganiques qu'elle trouve tout préparés.

Mais si le liquide ambiant ne peut jamais être absolument simple, sa complexité est bien loin d'être toujours la même; on peut dire d'une manière générale que le liquide ambiant est d'autant plus simple, ou d'autant moins perfectionné que les éléments organiques plongés dans son sein sont moins délicats et font partie d'un organisme moins élevé.

Les infusoires sont considérés comme les plus simples de tous les animaux; ils paraissent représenter en quelque sorte des cellules organiques isolées, tandis que les animaux supérieurs sont constitués par un grand nombre de cellules ou de lames réunies. Chez ces petits êtres, le milieu ambiant est aussi simple qu'eux-mêmes; il leur suffit pour vivre d'être plongés dans une eau contenant quelques sels et un peu de matière organique : c'est là ce qu'on appelle une *infusion*, et cette circonstance est même l'origine du nom d'infusoires donné à ces animaux. Voilà certes un liquide ambiant aussi simple que possible, et qu'il est facile de trouver partout; l'eau de nos fleuves réalise toutes les conditions de ce milieu organique, qui se confond ici avec le milieu cosmique général; cependant, si simple qu'il soit, ce liquide ambiant n'est pas encore de l'eau pure, et un infusoire qu'on placerait dans de l'eau distillée, ne contenant aucune matière organique, ne s'y développerait pas et périrait d'inanition.

Dès que l'on prend des animaux plus élevés, on voit les éléments histologiques isolés chez les infusoires se grouper en grand nombre pour former par leur réunion un organisme complexe ou une sorte de colonie organique. Un milieu ambiant plus perfectionné devient ainsi nécessaire, et il se forme alors pour la nutrition de cette colonie un milieu organique plus ou moins distinct du milieu cosmique en général. Le liquide organique ambiant s'isole de plus en plus du milieu cosmique, et sa complexité augmente sans cesse avec la délicatesse des éléments histologiques. C'est ainsi que, dans les organismes élevés, le milieu organique ambiant se trouve clos, et ne communique plus avec le milieu cosmique général.

On rencontre chez les invertébrés une sorte de passage, ou si l'on veut une transition entre le milieu ambiant des infusoires se confondant avec le milieu cosmique général et le milieu organique complétement clos des animaux plus perfectionnés. Chez les polypiers, par exemple, il y a bien un liquide organique ambiant; mais il communique avec le milieu liquide général au sein duquel vivent ces animaux. Dans ces derniers temps, M. Lacaze-Duthiers a même décrit des communications de cette nature chez certaines espèces de mollusques. Chez les vertébrés, le liquide organique ambiant est complétement clos; ce liquide, c'est le sang, appelé aussi liquide nourricier; les éléments histologiques vivent au milieu du sang, comme les poissons vivent dans l'eau; ils y prennent les éléments nutritifs dont ils ont besoin, et y rejettent leurs excréments, c'est-à-dire les matières devenues impropres à la vie.

Les liquides organiques ambiants doivent donc se corrompre, et ils deviendraient bientôt impropres à la nutrition des éléments histologiques, s'ils n'étaient pas renouvelés. Les infusions elles-mêmes seraient bientôt impropres à la vie des êtres si simples qui s'y développent, si elles n'étaient pas incessamment modifiées par l'influence des circonstances extérieures. Quand les liquides organiques ambiants sont clos dans des systèmes particuliers, comme cela a lieu chez les animaux supérieurs, il faut nécessairement, pour se renouveler, qu'ils puissent se mouvoir, et communiquer par échange avec le milieu cosmique général; cet échange se fait par l'*absorption*, qui introduit dans le sang les matières nutritives convenables, et les *exhalations* et les *excrétions* qui en extraient les matières devenues impropres à la vie. Les organes moteurs de la circulation n'ont pas d'autre usage que de produire ce renouvellement, qui doit être d'autant plus rapide que la vie elle-même est plus active. Dans ce mouvement incessant d'échange, le milieu cosmique général fournit tout, et tout lui revient après avoir servi à la vie; il joue en quelque sorte le rôle d'un réservoir commun, d'où tout part et où tout revient.

Quand on enlève aux éléments organiques soit leurs liquides propres, soit leurs liquides ambiants, la vie cesse immédiatement de se manifester chez eux; et nous avons à cet égard deux cas à distinguer : ou la vie s'engourdit seulement, et peut se réveiller plus tard, ou elle s'arrête définitivement de telle sorte qu'il est impossible de la faire renaître dans le même organisme.

Chez les organismes inférieurs et moins délicats, la soustraction des liquides amène seulement un arrêt pro-

Digitized by Google

visoire de la vie, qui renaît ensuite lorsqu'on restitue à l'organisme desséché la quantité d'eau convenable. Le phénomène se passe surtout dans ces conditions quand c'est le liquide ambiant qu'on a enlevé. Mettez par exemple sur le porte-objet d'un microscope une goutte d'eau contenant des infusoires tels que des colpodes; cette goutte d'eau s'évapore bientôt, et nous savons que pour ces êtres inférieurs il n'y a pas d'autre liquide ambiant. Au fur et à mesure que l'évaporation augmente, nous voyons les colpodes s'envelopper d'une sorte de coque qui retarde la dessiccation ou la rend moins complète. Cela explique pourquoi l'animal ne meurt pas; les appareils organiques ne sont pas brisés chez lui; ils sont seulement engourdis, parce qu'on leur a enlevé les conditions essentielles de leur fonctionnement. La vie est alors latente; mais elle peut se réveiller quand on rend à l'animal l'eau qu'il avait perdu. Cette espèce de renaissance peut encore s'opérer après un temps très-long, qui peut même aller, d'après certains observateurs, jusqu'à plus de trente ans. Les expériences faites autrefois par Spallanzani, notamment sur les rotifères et les anguillules, mettent tous ces faits hors de doute. Elles ont du reste été répétées de nos jours par M. le docteur Davaine.

Chez les animaux un peu élevés, on ne peut plus dessécher ainsi les éléments organiques sans les tuer définitivement. Les animaux inférieurs eux-mêmes perdent aussi cette singulière faculté de réviviscence lorsque leur organisme se perfectionne. L'anguillule de la nielle du blé en fournit un exemple trop curieux pour que nous n'en disions pas un mot. Cet anguillule est une sorte de ver allongé qui se développe dans les grains de blé; les grains qui en contiennent sont altérés et se distinguent des autres par une forme spéciale et par un aspect particulier. Jetés dans la terre avec la semence qui les contient, ces anguillules se dessèchent et s'humectent successivement suivant les changements de l'état hygrométrique du sol et ils peuvent subir ainsi un assez grand nombre de réviviscences, car M. Davaine les a conservés dans cet état pendant plus de six ans. Quand on sème du blé dans le sol, où se trouvent ainsi des anguillules, ils profitent de l'humidité pour grimper dans les tiges dès qu'elles sont assez développées; s'il fait trop sec, ils redescendent dans la terre, sauf à remonter une autre année; mais si l'humidité leur a permis d'arriver jusqu'au grain de blé au moment de sa formation, ils pénètrent dans la substance laiteuse qui va constituer la matière de ce grain et s'en nourrissent. Cette nourriture exerce sur eux une action excitante particulière dont on retrouve l'analogue chez les abeilles. Les anguillules n'avaient point encore de sexe; ils étaient tous neutres; sous cette influence, les uns deviennent mâles les autres femelles, ils acquièrent les organes génitaux qui leur manquaient jusque-là, et ils s'accouplent aussitôt. Mais en même temps que leur organisation se perfectionnait, ils ont perdu la faculté de réviviscence qu'ils possédaient auparavant. Leurs éléments histologiques sont pourtant restés les mêmes; mais ils sont devenus plus parfaits et plus délicats, voilà ce qui fait qu'ils ne peuvent plus supporter maintenant la dessiccation qu'ils supportaient très-bien auparavant.

Les animaux supérieurs sont certainement plus complexes que les animaux inférieurs au point de vue de l'organisation; mais ils sont plus simples au point de vue des fonctions, car les animaux inférieurs accomplissent les mêmes fonctions que les autres; un infusoire se nourrit, se reproduit, sent et se meut absolument comme un mammifère. Seulement chez les animaux inférieurs, toutes les fonctions sont enchevêtrées les unes dans les autres, et il est très-difficile au milieu de cette confusion de voir comment s'accomplit chaque fonction. Chez les animaux supérieurs, au contraire, on trouve pour chaque fonction des éléments histologiques très-nets et des organes bien distincts. Cette spécialisation entraîne un perfectionnement analogue dans le milieu ambiant des éléments organiques. Ce liquide ambiant perfectionné, c'est le sang ou la séve; le sang chez les animaux, la séve chez les végétaux: du reste, les caractères essentiels de ces deux liquides ne diffèrent pas.

Chez les animaux inférieurs le milieu cosmique intervient partout; mais à mesure qu'on s'élève dans l'échelle animale, le milieu intérieur se distingue de plus en plus du milieu cosmique et finit par s'en rendre presque complétement indépendant. Cet isolement successivement croissant du milieu intérieur explique pourquoi la température reste à peu près constante chez les animaux supérieurs, appelés pour cette raison animaux à sang chaud. Chez les animaux à sang froid, le liquide intérieur subit presque aussitôt toutes les variations de température du milieu cosmique, et l'activité des fonctions vitales suit une marche parallèle; en été, la nutrition marche plus vite, la reproduction s'opère avec plus d'énergie, les mouvements sont plus rapides, en un mot toutes les fonctions s'exagèrent; en hiver, le froid arrive, et tout s'engourdit. Les plantes présentent des phénomènes analogues. Chez les animaux supérieurs, au contraire, la température du corps reste à peu près constante et dès lors l'activité des phénomènes physiologiques varie beaucoup moins avec les saisons. Mais ce n'est pas à dire pour cela que les éléments histologiques des mammifères, par exemple, ne subissent pas les mêmes causes de refroidissement que ceux des grenouilles. Nous subissons très-bien en hiver l'influence du froid, et en été celle de la chaleur; si l'équilibre de température avec le milieu cosmique ne s'établit pas chez les animaux supérieurs comme chez les inférieurs, c'est parce qu'ils résistent davantage aux influences extérieures qu'ils subissent. Les vêtements de l'homme et les poils ou les plumes des animaux défendent le corps contre le froid; chez un mammifère, le milieu intérieur, par suite de ses conditions spéciales, se met donc moins

Digitized by Google

facilement en équilibre avec le milieu cosmique. Mais ce n'est là qu'une différence de plus et de moins, car en augmentant suffisamment l'intensité des causes de refroidissement on peut parfaitement refroidir un mammifère ou un oiseau.

Les milieux intérieurs présentent des conditions physiques déterminées; ils sont en échange continuel avec le milieu extérieur et contiennent tout ce que contient ce milieu, plus d'autres choses. Ils contiennent comme le milieu cosmique extérieur de l'eau, de l'air, de l'ozone, etc.; ils ont une certaine température plus ou moins en rapport avec celle de ce milieu ; ils ont enfin une pression non-seulement égale mais même supérieure à celle de l'atmosphère extérieure : la pression de circulation du sang est supérieure à la pression de l'air ambiant, comme on peut s'en convaincre en mettant un manomètre sur les artères d'un animal mammifère. Ainsi nos éléments histologiques plongés dans le milieu intérieur sont d'abord entourés de toutes les conditions du milieu cosmique extérieur; mais ils sont soumis de plus à l'influence de certaines conditions, surtout de conditions chimiques, que ce milieu ne lui aurait pas fournies. Le milieu intérieur contient, en effet, des matières organiques, certains sels minéraux, etc. En effet, la force vitale, quelque nom qu'on lui donne, ne crée jamais rien; tous les éléments qu'elle emploie elle les trouve tout formés dans son cercle d'action et son rôle se borne à les grouper d'une manière particulière. C'est dans le milieu qui entoure les éléments histologiques que ces éléments doivent trouver leurs matières nutritives. Pour les infusoires et les êtres très-inférieurs, le milieu cosmique général suffit à fournir ces aliments et il contient toutes les conditions nécessaires ; mais lorsque les organismes élémentaires deviennent plus délicats, il leur faut un milieu spécial où ils trouvent tout préparés une foule de principes immédiats, de matières nécessaires à leur nutrition. Nous arrivons ainsi de proche en proche à des milieux organiques de plus en plus complexes, par exemple à celui de l'homme. Alors ce milieu intérieur n'est plus seulement un liquide plus ou moins complexe; c'est un véritable produit de l'organisme où les éléments histologiques puisent leurs aliments et rejettent leurs excrétions. Ce liquide intérieur ainsi perfectionné, c'est-à-dire le sang, est un véritable produit de sécrétion, et nous trouvons toute une série de fonctions ou d'appareils qui n'ont pas d'autre but que de préparer le sang; ce sont les fonctions appelées autrefois *chylopoétiques*, et qui seraient mieux dénommées *hémopoétiques :* ces fonctions sont les sécrétions, les excrétions, la circulation, etc. Les organes employés à l'accomplissement de ces fonctions forment donc ainsi le milieu dans lequel vivent les autres organes et dans lequel ils vivent eux-mêmes.

En résumé, nous trouvons dans l'organisme trois ordres de liquides : 1° les liquides interstitiels ou liquides propres des éléments organiques ; 2° le liquide ambiant général, c'est-à-dire le sang, dans lequel vivent les éléments histologiques; 3° et enfin les liquides spéciaux produits par des sécrétions particulières, et qui sont destinés à modifier ou à régénérer le liquide nourricier général. Toutes les fonctions relatives à ces liquides rentrent dans la grande fonction de la nutrition.

La physiologie générale met de côté les fonctions elles-mêmes pour ne considérer que les éléments des fonctions, c'est-à-dire les phénomènes élémentaires qui les constituent. Mais, en définitive, elle aboutit à peu près aux mêmes classifications, car elle distingue aussi d'abord des phénomènes de nutrition et de reproduction communs à tous les êtres vivants, puis des phénomènes de sensibilité et de mouvements propres surtout aux animaux.

Nous avons étudié l'année dernière les phénomènes de mouvements dans les êtres vivants avec les phénomènes de sensibilité qui en sont l'explication. Cette année nous traiterons des phénomènes de nutrition; mais, comme vous avez pu le comprendre, l'étude de ces phénomènes est intimement liée à l'étude des propriétés des liquides de l'organisme au moyen desquels s'opère la nutrition.

---

## CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES DE TURIN.

### CONFÉRENCE DE M. MATTEUCCI

(sénateur et ancien ministre du royaume d'Italie).

#### De la méthode expérimentale.

Il y a dans l'histoire des découvertes et des progrès de l'esprit humain une époque, une *couche*, dirait un géologue, qui sépare deux *formations* bien distinctes et très-étendues.

Dans la période qui précède cette couche intermédiaire, période qui comprend le monde grec et romain, et une partie du moyen âge jusqu'au XVI^e siècle, les découvertes et les progrès dont j'ai parlé n'embrassent que la science idéale et les connaissances abstraites, telles que l'arithmétique et la géométrie.

Je ne crois pas être injuste envers les philosophes modernes en affirmant qu'il n'y a jamais eu et qu'il ne pourra jamais y avoir deux intelligences plus puissantes, deux esprits plus inventifs dans la métaphysique et dans les sciences philosophiques en général que ceux de Platon et d'Aristote. De même Euclide, Archimède, Apollonius, en appliquant une grande puissance de raisonnement à un petit nombre de vérités nécessaires établies à priori, sont parvenus à fonder la géométrie, l'arithmétique, et jusqu'à un certain point les principes de la mécanique rationnelle.

C'est tout autre chose pour la science de la nature : il n'y a pas de philosophie naturelle, pas une trace de

Digitized by Google

théorie physique qui apparaisse avant le milieu du XVIe siècle. Si l'on voulait se représenter avec une ligne, comme le font les géomètres, les progrès de la philosophie naturelle, nous devrions tirer d'abord depuis les temps les plus anciens jusqu'en 1564 une ligne droite qui ne cesse d'être parallèle à l'axe des abscisses, et qui ne s'en relève jamais avant d'arriver jusqu'à trois siècles de nous. C'est alors que cette ligne se relève brusquement : une grande intelligence, qui, pour la gloire de notre pays, est apparue à peu près au centre de la Péninsule, fit en même temps en physique, en astronomie et dans la mécanique, des découvertes plus grandes que toutes celles qu'on avait faites avant lui ; il trouva le premier la méthode expérimentale, qui domine toute la science moderne, et qui est devenue depuis lors l'instrument unique et impérissable de la découverte de la vérité. En 1642, dans l'année même qui vit s'éteindre ce grand esprit, vint au monde l'inventeur de la physique mathématique et de la mécanique céleste : il semblait que la Providence n'eût pas voulu laisser interrompre une œuvre inaugurée avec tant d'éclat. Je n'ai pas besoin de prononcer ici les deux noms de Galilée et de Newton. Depuis lors cette ligne, qui représente la marche de la philosophie naturelle, n'a plus baissé et ne pourra plus s'abaisser, car c'est le caractère essentiel de cette science, que les vérités nouvelles s'y accumulent nécessairement, et toujours avec plus d'ordre et de simplicité.

Quelle est donc la cause de la grande différence qui sépare le progrès des sciences physiques de celui de la métaphysique? La réponse ne peut pas être douteuse, et je puis facilement vous la donner en vous citant quelques mots de Galilée et de Newton, et des écoles qu'ils ont fondées. Galilée disait : « Il y a de la simplicité à s'imaginer qu'on doit chercher la signification des choses naturelles dans les papiers de tel ou de tel autre philosophe plutôt que dans les œuvres de la nature même, qui ne cesse d'agir devant nous, et qui, toujours vraie et immuable, déploie ses effets à nos yeux. » Newton plaça en tête de son œuvre immortelle trois mots qui expriment toute la science moderne : *Non fingo hypotheses*. L'Académie *del Cimento*, — qui succéda immédiatement à celle du lycée de Rome, fondée par Galilée, et qui fut une continuation brillante de ses méthodes et de ses découvertes, — écrivit sur cette espèce de souterrain rempli de creusets cornus et de flammes, qui lui servait d'emblème les trois mots fameux : *Provando e ribprovando*. La Société royale de Londres a aussi gravé sur ses médailles trois mots qui signifient la même chose : *Nullius in verba*. Et Lavoisier, qui, dans l'histoire de la philosophie naturelle, est seul digne de figurer au même rang que Galilée et Newton ; Lavoisier qui est le créateur de la chimie, a fait connaître au monde entier, en appliquant la balance à l'analyse, ce grand principe, que *rien ne se perd, rien ne se crée*, c'est-à-dire qu'il a posé le fondement de toute la physique moderne. Il n'y a aucune difficulté à s'expliquer l'origine de cette différence et à concevoir cette espèce de miracle que nous devons à la découverte de la méthode expérimentale.

Les phénomènes naturels, toutes ces nombreuses modifications qui arrivent à chaque instant autour de nous, dans l'atmosphère, sur la terre, dans le ciel, dans notre organisme même, sont des faits externes et indépendants par leur origine de la conscience humaine. L'esprit le plus puissant, mais qui n'a jamais appliqué son attention à un phénomène naturel, serait incapable de répondre à l'une de ces questions : Si j'ouvre la main avec laquelle je serre cette boule de plomb, qu'arrivera-t-il de la boule? Si j'approche du feu cette vessie, qu'arrivera-t-il de l'air qu'elle contient? La boule doit-elle tomber sur la terre, monter dans l'air ou rester immobile? La vessie chauffée deviendra-t-elle plus ou moins gonflée qu'elle n'était auparavant? Il n'y a aucune réponse possible à priori à ces questions comme à toutes celles qu'on peut soulever à propos des phénomènes naturels. Les Anciens, par la tendance et l'habitude de leur esprit, étaient naturellement portés à étudier les phénomènes intérieurs, qu'on ne peut pas observer et varier comme les phénomènes naturels ; ils s'empressaient de faire des généralisations et d'inventer des principes, et cherchaient toujours les causes premières au lieu des lois : aussi n'ont-ils jamais composé leur physique et leur astronomie qu'en imaginant l'*incorruptibilité du ciel* et l'*horreur de la nature pour le vide*.

Il serait impossible de donner une preuve plus manifeste de l'impuissance originelle de la méthode des anciens pour découvrir des vérités naturelles que celle qui nous est offerte par l'histoire de l'électricité. On sait que Thalès, un des philosophes les plus célèbres de l'antiquité, découvrait, 700 ans avant l'ère chrétienne, un des faits principaux de l'électricité, c'est-à-dire que l'ambre frotté devenait capable d'attirer la poussière et tous les corps légers. Eh bien, ce fait est resté presque inaperçu et sans conséquence jusqu'au siècle dernier, tandis que nous-mêmes, en trente ans à peu près, nous avons assisté au développement rapide de la science de l'électricité, qui a rendu immortels les noms de Galvani, de Volta, d'Arago, d'Œrsted, d'Ampère, de Davy, de Faraday, etc., et qui a donné à l'humanité les merveilleuses applications du télégraphe et de la galvanoplastie. Je pourrais facilement vous citer des exemples semblables pour toutes les branches des sciences naturelles, et, dans tous les cas, ce qui paraît un prodige n'a d'autre explication que sa liaison nécessaire avec le grand développement qu'a pris chez nous l'observation et l'expérience. Celui qui étudie la physique, qui s'applique à l'examen des phénomènes naturels, observe d'abord, c'est-à-dire qu'il mesure ce phénomène et découvre les circonstances qui l'accompagnent, celles qui le précèdent et les effets qui le suivent ; cette étude, faite avec exactitude et patience, nous conduit à découvrir les analogies et les lois du phénomène. Le physicien et le chimiste ne poursuivent jamais l'étude d'un phéno-

Digitized by Google

mène, ou pour parler plus exactement, ne se proposent jamais de poursuivre cette étude jusqu'à ce qu'ils atteignent son premier et dernier terme. La chaîne qu'on tâche de former sans interruption entre la série des phénomènes qui ont de l'analogie entre eux n'en laisse jamais apercevoir ni le premier ni le dernier anneau.

Galilée, Newton, Lavoisier, ont inventé deux puissants auxiliaires de l'observation : l'expérience et les instruments de mesure. Lorsque nous voyons tomber sur la terre un corps grave abandonné à lui-même, nous cherchons tout de suite quel espace il parcourt dans la première, la seconde, la troisième minute de sa chute, et ainsi de suite.

La mesure des phénomènes se fait aujourd'hui avec des instruments dont l'exactitude et la délicatesse augmentent incessamment. Ainsi, dans l'espace d'un millimètre, qui n'est pas plus large que le trait d'un crayon, nous sommes parvenus à voir et à mesurer sans incertitude la cinquantième et jusqu'à la centième partie. La mesure des petits intervalles de temps a été poussée plus loin encore, car nous sommes sûrs de ne pas nous tromper d'une seconde, qui n'est, comme on sait, que l'intervalle séparant deux pulsations successives d'une artère. Certaines propriétés de la lumière, qu'il serait très-facile de vous montrer, mettent en évidence une quantité de sel marin répandue dans l'air de cette salle, que je devrais écrire avec une fraction dont le dénominateur contiendrait neuf ou dix chiffres.

C'est surtout l'expérience qui est devenue l'instrument le plus puissant des découvertes modernes. En astronomie, nous sommes forcés de nous borner à observer les mouvements et la structure des astres, et tous nos efforts tendent à perfectionner les instruments à l'aide desquels nous pouvons mesurer ces mouvements et agrandir les images des corps célestes. Nous avons certainement fait d'énormes progrès dans ces connaissances auxquelles manquait le secours de l'expérience; mais nous serions bien plus avancés si nous pouvions, comme nous le faisons dans nos laboratoires, agir directement sur les corps célestes, chauffer, électriser, analyser la matière dont ils sont composés.

Je ne puis vous exposer ici les règles de la méthode expérimentale, et d'ailleurs il n'est pas facile de ramener cette méthode à des règles précises et constantes pour toutes les branches de la science naturelle. L'art d'expérimenter, c'est d'abord un don naturel qu'on perfectionne beaucoup par l'habitude et le travail, et qu'on apprend à modifier suivant la nature des phénomènes qu'on veut étudier. Au lieu de développer de longues et obscures considérations pour définir cette méthode, je préfère vous montrer quelques-unes de ces belles expériences que des hommes de génie ont seuls pu inventer, et qui ont principalement pour cachet la simplicité des opérations et l'exclusion de toute incertitude dans les résultats.

Au commencement de ce siècle, deux hypothèses régnaient dans la science sur la nature de la chaleur : certains physiciens soutenaient que la chaleur était de la matière, jouissant des propriétés de la chaleur, et d'autres pensaient qu'un corps chauffé n'était autre chose que ce corps, dont les particules étaient agitées par des mouvements très-rapides. On a pris deux disques de glace, et, après les avoir fixés sur deux axes séparés, on a pu les faire tourner rapidement autour de ces axes. L'expérience suivante a décidé d'une manière incontestable entre les deux hypothèses. Choisissons un jour d'hiver dans lequel la température de l'air soit de plusieurs degrés au-dessous de zéro, ce qui rend impossible la fusion des deux disques de glace; maintenant, faisons que ces deux disques se touchent, et à l'aide de leurs axes et de la manivelle qu'ils portent, frottons ces deux disques l'un contre l'autre. Nous serons obligés de faire un effort pour maintenir les deux disques en mouvement, effort qui augmentera en proportion du frottement. En même temps nous verrons la glace se liquéfier, et ce changement de l'eau solide en eau liquide nous prouvera qu'il y a eu là développement de chaleur. Nous avons donc par cette expérience, d'un côté, du mouvement communiqué par les muscles de notre bras aux disques de glace, mouvement qui paraît s'éteindre à cause du frottement; et, de l'autre côté, nous avons de la chaleur : nous en concluons que le mouvement des particules de la glace et la chaleur sont deux phénomènes dont la nature est identique. Telle est la conclusion tirée par sir Humphry Davy de cette belle expérience que nous avons vue, étendue et confirmée de nos jours d'une manière si lumineuse.

Je veux encore vous décrire une autre expérience qui porte aussi le cachet du génie de son inventeur, et qui est également due au célèbre président de la Société royale. La chimie, la physiologie végétale et l'agriculture s'étaient demandé d'où les plantes tiraient leurs principaux aliments ; ou plus exactement, lorsque nous mêlons du fumier à la terre, si ce fumier agit avec les gaz développés par la fermentation ou par les liquides qu'il peut fournir aux racines, et qui seraient absorbés par les plantes. Sir H. Davy a mis du fumier dans une cornue, et en faisant pénétrer l'ouverture de la cornue à la profondeur de quelques centimètres dans le sol, il a vu que les plantes qui entouraient l'ouverture, prenaient un bien plus grand développement que celles qui en étaient un peu éloignées. Or, comme on sait que le fumier développe de l'acide carbonique et de l'ammoniaque, ainsi qu'il est facile de le reconnaître avec les réactifs, il résulte de cette belle expérience que le fumier agit principalement sur les plantes avec les corps gazeux qu'il développe, et qui fournissent principalement à la plante du carbone et de l'azote.

Je ne finirais jamais, si je voulais vous décrire tous les faits que des expériences bien conduites nous ont aidés à expliquer, ce qui signifie découvrir leurs analogies, déterminer rigoureusement les relations qui exis-

Digitized by Google

tent entre eux, et remonter ainsi par un chemin sûr à des faits que nous appelons élémentaires, parce qu'ils interviennent dans un grand nombre de phénomènes dont la nature est complexe, et principalement parce qu'ils nous représentent les derniers termes de notre analyse expérimentale.

Rien ne peut donc échapper parmi les phénomènes naturels à cette manière d'en donner l'explication et d'en découvrir les causes; les fruits de l'expérience s'accumulent toujours d'une manière impérissable, et d'un autre côté les analogies, les lois et les théories physiques nous frayent, — au milieu de cette grande masse de phénomènes que nous héritons des générations qui nous ont précédés, et que nous avons soin d'enrichir pour nos successeurs, — des chemins sûrs à l'extrémité desquels nous réussissons à embrasser et à voir avec clarté toutes les ramifications répandues dans cette masse.

Il n'y a pas d'exception, pas de limite à la puissance de la méthode expérimentale et à l'étendue de son application. Et, en effet, nous avons vu dans ces derniers temps, et nous voyons tous les jours la physique et la chimie s'emparer de ces phénomènes de l'organisme vivant, qu'on avait regardé pendant bien des années comme indomptables par l'observation et par l'expérience, et qu'on avait eu la mauvaise habitude de livrer aux plus étranges hypothèses. Aujourd'hui, ce que nous savons en physiologie, et j'ose dire en médecine, — car j'entends parler ici de la science proprement dite, et non pas de ces résultats empiriques qui ont bien cependant leur importance, lorsqu'ils ont été obtenus par des bonnes observations, — n'est et ne peut être autre chose qu'une explication des phénomènes physiologiques et pathologiques fondée sur les lois de la physique et de la chimie appliquées aux fonctions de l'organisme vivant. Certes, nous ne voulons pas dire que la physique et la chimie ont déjà expliqué, ni même qu'elles parviendront à expliquer un jour tous les phénomènes de la vie; nous voulons seulement dire que les corps organisés ayant la même composition et les mêmes propriétés physiques et chimiques que tous les autres corps de la nature, ne peuvent échapper à l'action des forces physiques et chimiques; et que tout ce que nous savons sur l'organisme vivant, n'est et ne peut être acquis autrement que par la méthode expérimentale, n'est et ne peut être que l'application des lois connues de la physique et de la chimie à des corps qui ont sans doute une structure et une manière de naître et de se propager qui les caractérisent, mais cependant n'en sont pas moins des corps matériels. Nous ne devons pas être surpris que la physiologie et la médecine expérimentale soient nées seulement avec Haller, Rumford, Spallanzani et Fontana, c'est-à-dire n'aient pas encore un siècle d'existence, car la physiologie comme la médecine, qui en dépend, devaient être devancées par la physique, par la chimie, par la connaissance de la structure et des propriétés des organes élémentaires. Il ne faut pas oublier non plus que les expériences sur les corps vivants ne peuvent jamais être aussi simples que celles que font les chimistes dans des creusets ou des cornues qui résistent à toutes les réactions qui s'y opèrent, ce qui ne peut jamais avoir lieu quand on opère sur un tissu vivant. Je ne veux pas enfin vous laisser ignorer, car je croirais ainsi manquer à mon devoir, qu'il y a dans l'organisme vivant quelque chose qui paraît encore enveloppé de la plus profonde obscurité, et qui est sans analogie avec les phénomènes physiques et chimiques. Je veux parler de cette grande inconnue qui se cache dans un grain, produisant toujours la même plante du commencement jusqu'à la fin du monde. Quelle que soit cette obscurité, nous ne réussirons jamais à la dissiper que par le même procédé, et quelque petit que soit le progrès accompli dans cette voie, il restera impérissable en signalant la marche sûre qu'il faut suivre pour reculer toujours plus loin les limites de cette obscurité.

On a souvent dit que les physiciens, les chimistes et les naturalistes en général, — qui avaient rempli ce siècle de si grandes découvertes, et donné à la société des moyens d'action si puissants, résultant simplement des applications de ces découvertes, — étaient devenus les maîtres de leur temps. Je crois qu'il y a beaucoup de de vrai dans cette proposition; mais je veux ajouter que cette grande influence que nous exerçons sur la société actuelle est un véritable bienfait. Gardiens de la vérité et travaillant avec passion à la découvrir, nous devons savoir qu'il ne faut jamais exagérer nos succès, étant toujours plus préoccupés des grands progrès qui nous restent à faire que de ceux que nous avons faits déjà. Nous avons aidé les hommes à substituer les forces naturelles à leur travail, et donné ainsi au cœur et à l'intelligence le temps et la liberté de se développer. Mais le plus grand bienfait de la prépondérance des sciences physiques et de leur étude à notre époque, consiste suivant nous dans l'influence que la méthode expérimentale doit exercer sur l'éducation générale de l'esprit humain. Une méthode qui est si puissante et si sûre dans la recherche des vérités naturelles ne peut pas perdre ces qualités lorsqu'on l'appliquera avec prudence, même au delà de la matière et de l'organisme vivant, et elle saura certainement, ce qui est énorme, nous faire atteindre je ne dis pas les limites de notre curiosité scientifique, mais celles de la puissance de notre instrument intellectuel.

Nous sommes tous, depuis quelques années, des admirateurs ardents, et même un peu jaloux des facultés prodigieuses d'initiative, d'indépendance, de déduction rigoureuse et d'esprit pratique qui caractérisent la race anglo-saxonne; toutefois, la *plante-homme* d'Angleterre, comme disait Alfiéri, ne paraît pas mieux douée que celle les autres races. Il ne paraît pas possible d'expliquer cette supériorité sans recourir à l'influence que Newton et ses élèves, la Société royale et une longue suite d'expérimentateurs formés à cette école, ont dû

Digitized by Google

exercer sur l'éducation intellectuelle du peuple anglais. Nous avons en Italie des traditions aussi glorieuses, et c'est notre devoir de travailler avec passion à les faire revivre, si nous voulons nous montrer dignes de la liberté et de l'indépendance que nous avons conquises.

Matteucci.

## BULLETIN DES COURS.

— Mademoiselle Royer fait en ce moment à Naples, avec un succès marqué, des conférences sur d'importantes questions de science naturelle, particulièrement sur la génération spontanée et sur l'origine des espèces.

— M. Lessona a fait à Milan, dans l'Institut de Pietrasanta, une conférence sur *quelques erreurs concernant les animaux*, où il a montré un grand talent d'exposition. On croit que cette intéressante conférence sera suivie de quelques autres. « M. Lessona, dit un journal de Milan, *la Perseveranza*, est certainement un de ceux qui possèdent au plus haut degré les qualités propres à inspirer au public le goût des conférences libres qui, depuis quelque temps, entrent de plus en plus dans les mœurs de toutes les nations cultivées. »

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS (SECOND SEMESTRE).

*Calcul différentiel et intégral.* Les jeudis et samedis, à huit heures et demie. M. J. A. Serret, professeur. — M. Bouquet continue ce cours, et traite du calcul intégral.

*Mécanique rationnelle.* Les mercredis et vendredis, à dix heures. — M. Liouville, professeur, continue ce cours, et il traitera successivement de la dynamique, de l'hydrostatique et de l'hydrodynamique.

*Astronomie.* Les lundis et jeudis, à dix heures et demie. M. Le Verrier, professeur. — M. Briot a commencé ce cours le jeudi 16 mars. Il expose les lois des principaux phénomènes astronomiques et les méthodes d'observation.

*Calcul des probabilités et physique mathématique.* Les mardis et samedis, à onze heures. M. Lamé, professeur. — M. Verdet continue ce cours.

*Mécanique physique et expérimentale.* Les mercredis et vendredis, à deux heures. M. Delaunay, professeur. — M. Haton de la Goupillière continue ce cours depuis le mercredi 15 mars. Il développe le programme de la licence en ce qui concerne la mécanique appliquée.

*Physique.* Les mardis et samedis, à deux heures. — M. Jamin, professeur, a ouvert ce cours le samedi 18 mars. Il fait la seconde partie du cours de physique, et traite de l'acoustique et de l'optique.

*Chimie.* Les lundis et jeudis, à midi et demi. M. Dumas, professeur. — M. Sainte-Claire Deville a commencé ce cours le jeudi 23 mars. Il traite des sels, des métaux et de la chimie organique. Nous publierons prochainement la quatrième leçon de ce cours consacrée, par M. H. Sainte-Claire Deville, à l'*étude des méthodes générales de réduction des oxydes métalliques.*

*Physiologie générale.* Les mardis et samedis, à midi et demi. — M. Claude Bernard, professeur, a ouvert ce cours le samedi 25 mars. Il traite des propriétés des liquides dans les êtres vivants. Ce cours sera publié intégralement dans la Revue.

*Zoologie, anatomie, physiologie comparée.* Les mardis et samedis, à trois heures et demie. — Ce cours sera annoncé par une affiche spéciale.

*Botanique.* Les mercredis et vendredis, à midi. — M. Duchartre, professeur, a ouvert ce cours le mercredi 15 mars. Il traite de la physiologie végétale et de ses applications.

*Géologie.* Les lundis et jeudis, à deux heures. — M. Hébert, professeur, a ouvert ce cours le lundi 20 mars. Il expose les phénomènes généraux sous l'influence desquels s'est constituée l'écorce terrestre. Nous publierons très-prochainement la leçon d'ouverture de M. Hébert.

Muséum d'histoire naturelle. — M. le professeur Aug. Duméril commencera son cours de zoologie le mardi 18 avril, à midi et demi très-précis, et le continuera les mardis, jeudis et samedis, à la même heure. La première partie du cours ayant été consacrée à l'étude des Chéloniens et des Sauriens, cette seconde partie aura pour objet l'étude des Ophidiens et des Batraciens.

Faculté de médecine. — *Chimie organique* (cours de M. Wurtz).

*Programme sommaire.*

XXI. — 27 décembre 1864. — Chloral. Acétone. Acide propionique. Acide butyrique. Acide valérianique. Acide œnanthylique.

XXII. — 29 décembre. — Glycol. Oxyde d'éthylène.

XXIII. — 5 janvier 1865. — Glycérine. Chlorhydrines ou chlorures glycériques. Corps gras : suif, huile d'olives, etc., etc. Stéarine. Palmitine. Oléine; leur composition.

XXIV. — 7 janvier. — Différents modes de saponification. Acide stéarique. Stéarates. Acides palmitique, margarique, oléique. Emplâtres. Huiles diverses. Leur emploi en médecine.

XXV. — 10 janvier. — Acide oxalique Oxalates. Éthers oxaliques. Oxamide.

XXVI. — 12 janvier. — Oxamide (suite). Acides succinique, subérique, sébacique, malique, fumarique. — Asparagine. Acide tartrique. Tartrates de potasse et de chaux.

XXVII. — 17 janvier. — Acide tartrique (suite). Dérivés pyrogénés de l'acide tartrique. Tartrates. Sel de Seignette. Émétique; son emploi en médecine.

XXVIII. — 19 janvier. — Émétique (suite). Empoisonnements par l'émétique. Crème de tartre soluble. Tartrates de fer. Boules de Nancy.

XXIX. — 21 janvier. — Acide paratartrique. Acide citrique. Acides aconitique, citraconique, itaconique. Tannins. Préparation de l'acide tannique. Tannates de fer. Encre. Acides gallique et pyrogallique.

XXX. — 24 janvier. — Glucose. Sucre de diabète et autres glucoses. Fermentation alcoolique de la glucose. Recherche de la glucose.

XXXI. — 26 janvier. — Sucre de canne. Caramel. Saccharate de chaux. — Sucre interverti.

XXXII. — 28 janvier. — Sucre de lait. Acide mucique. Amidon. Empois d'amidon. Iodure d'amidon.

XXXIII. — 31 janvier. — Amidon (suite). Amidon soluble. Action de la diastase sur l'amidon. Action de la chaleur et des acides. Dextrine. Farines. Pain. Pâtes alimentaires. Gluten. Légumine.

XXXIV. — 2 février. — Fermentation alcoolique. Vin. Bière. Fermentation lactique.

XXXV. — 4 février. — Cellulose. Acide ulmique. Lichénine. Fulmicoton. Collodion. Emploi en médecine. Papier. Gommes.

*Viennent de paraître :*

La science de l'invisible, études de psychologie et de théodicée, par M. Charles Lévêque, professeur au Collége de France. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

Du plaisir et de la douleur, par M. Franc. Bouillier. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

NNÉE. — N° 21. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 22 AVRIL 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, | 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — | 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

**SOMMAIRE.**

**Académie des sciences.**

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Histoire naturelle.** — Conférence de **M. Mollard** : Unité de l'espèce humaine.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XIX et XX. Des variations de force du curare ; de son origine, de ses propriétés chimiques.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie** (Zoophytes). — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : IV. Histoire des classifications du règne animal : Aristote et Linné.

**Bulletin des cours.** — Soirées scientifiques d'Auxerre : M. PAUL BERT.

Paris, 21 avril 1865.

M. Duchartre a lu, lundi dernier, à l'Académie des sciences, un mémoire relatif à l'influence de la chaleur sur le développement des bourgeons. Ce mémoire contient l'exposé des expériences faites par M. Duchartre dans les serres du Luxembourg sur quatre sarments de vigne disposés chacun d'une manière particulière, de telle sorte que le pied chez l'un, l'extrémité chez l'autre, et une portion du tronc chez un troisième fussent exposés à l'action de l'air froid extérieur, tandis que le reste de la plante était à l'intérieur. Ces expériences, qui ont duré du 3 décembre 1864 au 16 avril 1865, et dont les résultats ont été mis sous les yeux de l'Académie, prouvent notamment : 1° que les bourgeons se développent sur une même plante d'une manière indépendante les uns des autres ; 2° que les bourgeons se développent sur toutes les parties de la tige entourées par une atmosphère suffisamment chaude, sans que l'échauffement de la racine ou du sol dans lequel elle plonge paraisse provoquer de bourgeonnement sur la tige, lorsque celle-ci n'est pas chauffée elle-même ; mais la séve traverse parfaitement des parties froides de la tige pour aller développer des bourgeons dans d'autres parties placées plus loin et chauffées par un moyen quelconque. Les expériences de M. Duchartre paraissent donc bien établir que les bourgeons jouissent d'une véritable indépendance physiologique.

M. Milne Edwards a présenté un mémoire de M. Alexandre Agassiz, fils du célèbre naturaliste correspondant de l'Institut, relatif aux *métamorphoses des étoiles de mer ;* — M. H. Sainte-Claire Deville, une note d'un professeur de Metz sur les *vibrations des plaques rectangulaires ;* — M. Chevreul, un travail d'un professeur de chimie de Rouen sur les diverses colorations que prend, suivant les lieux et les saisons, le papier ioduro-amidonné, sous l'influence d'un corps existant dans l'atmosphère et susceptible de réagir sur l'iodure de potassium pour mettre l'iode en liberté. Ces recherches ont été faites indépendamment de toute hypothèse sur la nature de ce corps, que l'on considère généralement comme étant de l'oxygène à un état particulier.

M. Velpeau présente un mémoire de M. le docteur Carré, relatif à une épidémie particulière régnant en Savoie depuis plusieurs années, et dont l'apparition paraît liée à l'introduction des poêles de fonte dans ce pays. M. Carré se demande si l'on ne pourrait pas attribuer cette épidémie à l'influence de l'oxyde de carbone dégagé par la fonte. MM. Regnault et Chevreul s'élèvent contre une telle explication, qui leur paraît inadmissible, vu la quantité extrêmement faible de carbone contenue dans la fonte ; ils supposent plutôt que ces poêles présentent un vice de construction, et que la ventilation se fait d'une manière insuffisante.

ÉMILE ALGLAVE.



Digitized by Google

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### CONFÉRENCE DE M. HOLLARD.

**Unité de l'espèce humaine.**

Messieurs,

Je sais qu'en venant vous entretenir de l'homme, j'évoque dans cette enceinte le souvenir d'une parole qui nous captivait naguères, et que nous n'entendrons plus. M. Gratiolet inaugurait, il y a un an, la première série des conférences scientifiques de la Sorbonne par une éloquente démonstration de la supériorité de l'homme sur les animaux les plus élevés (1).

Je ne viens pas traiter une fois de plus cette grande et belle question de la dignité de la nature humaine. Mais avant d'en poser une autre, et de l'étudier avec vous, laissez-moi vous rappeler un point de doctrine qui est à mes yeux la vraie prémisse du sujet dont nous aurons à nous occuper.

L'homme ne se distingue pas seulement des animaux supérieurs, il s'en sépare. Son organisation est celle des mammifères; il en rappelle les premiers types, portés à un nouveau degré de perfection. Ces types, réalisés dans les singes anthropomorphes, tendent évidemment au type humain; ils ont pu en être les précurseurs, mais non les ancêtres, comme on n'a pas craint de le dire de nos jours. Après tout, l'organisation et les formes des premiers singes servent une activité qui ne dépasse pas le programme de la vie animale, tandis que l'organisme de l'homme est l'instrument d'une vie spéciale et progressive. Je n'ai pas besoin de développer ces vérités pour que vous en soyez convaincus. Si zoologiquement l'homme est encore un mammifère, l'ordre des *bimanes* ajouté à celui des *quadrumanes*, d'autre part, par son rôle à la surface du globe, par son action sur les autres créatures vivantes, il ne représente rien moins qu'un Règne. Il en a le caractère et l'importance.

Un des traits de ce caractère est le cosmopolitisme.

L'homme est cosmopolite, ce que n'est aucune espèce, aucun genre, aucune famille du Règne animal. Partout où la vie est possible à la surface du sol, partout où se trouve une plante, un animal, l'homme s'y trouve également. Mais il n'a pris possession de ce vaste domaine qu'en se diversifiant; si chaque région du globe, chaque climat a ses hôtes humains, sa population porte une empreinte particulière. Les formes, les traits, la couleur, puis les mœurs, les habitudes, l'état social, le caractère moral changent d'un groupe aux autres groupes. De là une grande diversité de types, ou, selon l'expression généralement usitée, de *races humaines*, car ces types se perpétuent dans une filiation indéfinie.

(1) Voyez notre première année, p. 189.

C'est cette diversité qui sera l'objet de notre entretien. Dans ce vaste sujet d'étude, une question, une grande question se détache, qui est aujourd'hui l'objet d'un débat assez vif, et à laquelle je voudrais consacrer les moments dont je puis disposer. C'est celle de la signification des types humains. Avant de la poser, et surtout de la préciser, permettez-moi, messieurs, de vous faire passer en revue, pour mémoire, quelques spécimens des principaux types de la diversité humaine, en appelant une première fois votre attention sur les différences qui les distinguent, différences dont nous apprécierons plus tard la valeur.

Je commence par les trois variétés les plus caractérisées et les plus divergentes, celles dont Cuvier faisait ses trois races principales sous les noms très-critiquables de *caucasique*, *mongole* et *éthiopique*. Outre la couleur, qui est généralement claire dans la première, teintée de jaune pâle ou brunâtre dans la seconde, plus ou moins foncée dans la troisième, vous pouvez apprécier les différences les plus remarquables de ces trois types.

1. Dans le *caucasique*, vous voyez les formes ovales, arrondies de la tête et de la face, la direction parfaitement verticale de celle-ci, la saillie et l'étroitesse du nez, la saillie très-modérée des pommettes; les lèvres sont minces, les yeux bien proportionnés et horizontaux; ajoutez des cheveux longs, souples, de diverses nuances, une barbe abondante, vous avez le type général des peuples répandus du Gange à l'extrémité de l'Europe, et sur tout le périple de la Méditerranée.

2. Dans la variété *mongolique* ou *jaune*, la tête et la face s'élargissent aux tempes, diminuent plus ou moins à partir de cette région, où les pommettes se montrent relevées et saillantes; le nez s'étale, les lèvres grossissent, les yeux s'allongent et se trouvent comme étirés et relevés en dehors. Les cheveux sont noirs, droits, très-longs, mais souvent très-roides; la barbe est généralement peu abondante. Cette race occupe toute l'Asie orientale et septentrionale.

3. Enfin, le type éthiopien ou nègre nous offre une tête longue et étroite, une face plus ou moins saillante, le nez étalé, peu proéminent, à narines très-ouvertes; des lèvres, non-seulement épaisses, mais retroussées et projetées; des pommettes assez prononcées pour étirer un peu les yeux et en relever l'angle externe. Les cheveux sont courts, très-contournés et mêlés, et comme laineux; la barbe est peu fournie.

Passons encore rapidement en revue quelques types que j'appelle secondaires, en ce sens qu'ils rappellent les précédents par tel ou tel trait, et quelquefois par des associations de traits empruntés à deux d'entre ceux-ci.

1. Voici d'abord le portrait d'un Malais : à peu de choses près, le crâne est mongole; les pommettes sont saillantes; le nez est gros, large et assez proéminent; les lèvres sont projetées et plus grosses que celles des vrais mongoles. Des formes grêles, sveltes, un teint plus ou

Digitized by Google

moins brun, un caractère vif et entreprenant, achèvent de caractériser les Malais entre toutes les populations asiatiques.

2. Viennent maintenant quelques spécimens des races polynésiennes : la tête d'un jeune homme des îles Marquises, qui, sauf sa teinte olivâtre, rappelle bien des têtes européennes ; celle d'une jeune fille de Tahiti, d'un ensemble agréable, malgré la grandeur de la bouche, la grosseur des lèvres, et des narines un peu larges ; puis ce type de la Polynésie septentrionale qui se rattache bien évidemment aux Mongoles ; enfin ce Nouveau-Zélandais, qui se distingue par la proclivité prononcée des dents incisives.

Dans ces races polynésiennes, la chevelure est généralement abondante, avec ou sans tendance à friser. Du reste, dans les mêmes îles, et ceci peut se dire des archipels qui se rattachent au continent asiatique, on trouve souvent des populations différentes, qui forment des classes sociales distinctes.

3. Viendraient ici les populations de l'Australie. On les a trop dépeintes comme chétives et misérables. Les voyageurs qui ont été le mieux à même de les observer, leur assignent des caractères beaucoup moins éloignés de ceux des types précédents, et ont rencontré sur quelques points de la Nouvelle-Hollande des hommes à teint foncé, à bouche un peu saillante, à cheveux droits et roides, mais dont les traits n'ont rien d'excessif ni de fort éloignés des nôtres, bien faits d'ailleurs, et n'ayant rien moins que les membres grêles et le ventre énorme qu'on leur prête ordinairement.

Je vous présente ici deux figures, non de la Nouvelle-Hollande, mais de la Tasmanie, dont la population indigène a été assez récemment détruite. Il faut tenir compte, pour la forme surtout, de l'exagération qu'apportent souvent les voyageurs, au moins dans le choix de leurs modèles ; ils ne ressemblent pas tous à cette hideuse figure. Ce qu'il y a à remarquer ici, c'est un type qui rappelle à plus d'un égard le type nègre, et qui se rattache très-probablement à celui des nègres océaniens par ses origines.

4. Voici le portrait d'une femme hottentote boschimane. Ici le type nègre est manifeste, mais très-manifestement aussi modifié dans le sens du type mongole. Les cheveux offrent le caractère fondamental de ceux des races éthiopiennes, mais ils s'en distinguent par leur distribution en petites houppes. Cette race a été aussi très-calomniée ; on a beaucoup exagéré sa dégradation physique et morale ; en tout cas, ce qu'on a dit ne s'appliquerait qu'aux tribus dont la vie a été le plus troublée par les invasions et les spoliations dont elles ont eu à souffrir. Les Coranas, moins malheureux sous ce rapport que les Boschimans, sont aussi bien supérieurs à ceux-ci.

5. J'aurais dû vous présenter plus tôt les races que Lacépède désignaient sous le nom d'hyperboréennes, et qui habitent l'extrême nord des deux continents. Elles nous rappellent, sous des formes trapues, larges, sous des traits grossiers, le type mongole, auxquelles se rattachent surtout les Samoyèdes et les Lapons.

6. Enfin, messieurs, je mets sous vos yeux un type américain, un seul, car je dois me borner, le type le mieux caractérisé des Indiens Peaux-Rouges de l'Amérique du Nord. Vous remarquez la courbe bien prononcée que décrit la ligne de profil, du sommet de la tête au menton. Le nez est plus saillant que large ; les yeux sont grands et logés dans de vastes orbites ; l'expression en est énergique. Vous retrouvez dans cette race, comme dans la plupart des autres types américains, une saillie prononcée des pommettes, et des lèvres fortes et un peu projetées.

La question qui se pose en présence de cette diversité de types est celle-ci. Divisée comme elle l'est en populations qui varient d'une région à l'autre, l'humanité représente-elle aux yeux du naturaliste, du zoologiste, une seule espèce, ou plusieurs espèces distinctes?

Les deux solutions ont trouvé des partisans. Nous voyons d'une part, pour l'unité, Buffon, Blumenbach, A. de Humboldt, G. Cuvier, de Blainville, Geoffroy Saint-Hilaire, Prichard, plusieurs savants contemporains de tous pays, et parmi nous, MM. Flourens, Quatrefages, Gratiolet, etc.

D'autre part, après Virey qui comptait deux espèces d'hommes, Bory Saint-Vincent en a compté quinze, Desmoulins seize, et en Amérique une école qui joue un grand rôle dans le débat, accepte pour espèce tout type humain qui accuse une certaine persistance ; elle ne s'effraye pas de l'idée de diviser l'humanité en autant d'espèces qu'il existera de populations plus ou moins caractérisées.

Les deux écoles qui se partagent les deux solutions du problème dont il s'agit sont désignées aujourd'hui sous les noms d'école monogéniste ou de l'unité, et d'école polygéniste ou de la pluralité des espèces humaines.

On a trop dit que les opinions religieuses tant positives que négatives avaient puissamment concouru à la formation de ces deux écoles opposées. Je ne nie pas l'influence des croyances sur les tendances des esprits dans une circonstance où la science rencontre des déclarations religieuses qui ont devancé ses arrêts. Mais qu'on ne s'exagère pas ce genre d'influence, car il n'est et ne saurait suppléer aux raisons que réclame impérieusement un débat scientifique. Certes, ni Buffon, ni Blumenbach, ces pères de l'anthropologie, ni Georges Cuvier, ni Alexandre de Humboldt, n'ont songé à accommoder leur doctrine aux traditions religieuses, et plus d'un polygéniste au milieu de nous, j'en ai la conviction, soutient sa thèse sans autre préocupation que celle de la vérité qu'il cherche.

Mais un fait plus certain que celui de l'intervention des idées religieuses, un fait infiniment regrettable, messieurs, c'est que de l'autre côté de l'Atlantique on invoque la solution polygéniste, hautement, sans la

Digitized by Google

moindre hésitation pour justifier cette institution, contre laquelle il n'est personne ici qui ne proteste énergiquement, l'esclavage des noirs. Je lisais il y a peu de jours, dans un écrit sorti de la plume d'un des membres les plus renommés de l'école américaine, le docteur Nott, une anecdote que je vous demande la permission de citer à l'appui de ce que je viens de dire.

A l'époque de l'annexion du Texas, une correspondance diplomatique s'établit entre le gouvernement des États-Unis d'une part, l'Angleterre et la France de l'autre. Des réclamations étaient élevées de la part de ces deux puissances au sujet de l'esclavage. Impatient de cette intervention morale qui lui paraissait fort indiscrète, le secrétaire d'État américain, M. Calhun, après avoir pris l'avis des chefs de l'école polygéniste et de leurs ouvrages, crut avoir trouvé une réponse qui devait fermer la bouche aux ministres anglais et français. Il leur dit qu'il était prouvé que les races humaines avaient des origines distinctes, étaient inégales à tout jamais au moral comme au physique, que les nègres avaient toujours été et seraient toujours nègres, par conséquent, d'autres hommes que les blancs, et subordonnés à ceux-ci, qu'il fallait donc renoncer à réclamer pour eux des droits chimériques. On trouva en Angleterre ce raisonnement ethnologique passablement étrange, et vous trouverez tous, messieurs, que c'est offenser la science que de prétendre la faire servir à outrager l'humanité.

Oublions un moment l'école américaine, et cherchons la vérité sur la vraie question en litige : il s'agit de savoir si les races humaines constituent des espèces multiples, ou si elles se résolvent en une espèce unique et ne représentent que des variétés héréditaires.

Je me renferme ici dans le domaine de l'histoire naturelle des êtres vivants, et je commence par déterminer avec précision la notion de l'espèce et celle de la race, c'est-à-dire le sens qu'on attache à ces mots et qu'il faut y attacher pour s'entendre.

Je me bornerai dans ce moment à dire que les espèces ont pour les naturalistes la valeur de types d'organisation différents d'origine aussi bien que de caractères, stables, permanents et néanmoins modifiables.

Les races sont des résultats héréditaires des modifications que subit l'espèce; plusieurs races peuvent procéder successivement d'une même espèce.

La variabilité de l'espèce donnant des races a porté quelques naturalistes à douter de la permanence et de l'origine indépendante des espèces, et à ne voir en elle que des dérivés d'un petit nombre de types primordiaux graduellement transformés. Les faits de modification constatés et appréciés à leur juste valeur ne justifient en aucune manière cette doctrine; bien au contraire, ils indiquent des limites à la variabilité de l'espèce, et celle-ci est sauvegardée, nous allons bientôt le voir, contre toute sorte de confusion. Abandonner la notion que nous donne à cet égard l'expérience, c'est moins ouvrir de nouvelles perspectives à la science, que la jeter dans l'inconnu, la livrer à l'hypothèse sans limite et sans contrôle. L'imagination peut se complaire à cette course aventureuse, mais la science sérieuse s'y refuse, et, ni Buffon, malgré sa conception si large des pouvoirs de la nature, ni de Jussieu spectacteur de la variabilité des espèces végétales, ni Cuvier, ni de Blainville, ni aucun des grands naturalistes qui ont étudié les êtres vivants au double point de vue de leurs caractères et de leur activité, n'ont bâti sur le fond mouvant et imaginaire de la transformation des types vivants. Ils ont tous admis l'espèce, son originalité et sa permanence.

Nous serions d'accord ici avec les polygénistes s'ils voulaient préciser ce qui caractérise les espèces. C'est ce que nous allons essayer.

Je m'adresse non aux définitions générales, mais directement à des faits, et je les emprunte à la classe des mammifères dont nous partageons l'organisation, et qui nous fournit, indépendamment de ses espèces sauvages, des races multipliées par l'influence que nous exerçons sur elles en en faisant des races domestiques.

Vous connaissez tous le groupe de mammifères dont les zoologistes font leur petite famille des *Solipèdes* ou le genre *Cheval*. Supposons que nous abordons pour la première fois ce groupe si naturel et si bien limité dans la création actuelle par ses pieds, que termine un seul doigt enveloppé d'un sabot, par le développement et la forme des lèvres, par le système dentaire, par toute l'ostéologie de la tête, enfin par l'ensemble de l'organisation.

Quelque homogène que soit la petite famille dont nous parlons, elle se montre néanmoins diversifiée. Tous ses exemplaires ne nous offrent pas exactement la même physionomie, et les zoologistes distinguent ici six types différents dont ils font autant d'espèces sous les noms de Cheval proprement dit, d'Ane ou Onagre, d'Hémione, de Zèbre, de Couagga ou de Dauw. Les trois premiers appartiennent à l'Asie, les trois autres à l'Afrique. On ajoute aujourd'hui aux espèces asiatiques une septième espèce sous le nom d'Hémippe, mais sa détermination n'est pas assez précise pour que je la fasse entrer dans celle des caractères spécifiques des solipèdes.

En cherchant à nous rendre compte de ceux-ci, nous commençons par remarquer dans les six types que je viens de nommer deux physionomies assez distinctes : celle du cheval proprement dit, qui est reproduite par deux des espèces africaines, le Couagga et le Dauw, puis celle de l'Ane qui se retrouve chez l'Hémione et chez le Zèbre. Mais ces deux physionomies, qui portent surtout sur les formes de la tête et la longueur des oreilles, ne concordent pas avec tous les traits communs à plusieurs types, et nous sommes obligés d'en venir à des caractères plus particuliers. Or, il en est deux qui diffèrent d'espèce à espèce. C'est d'abord un caractère tout extérieur et véritablement zoologique, la distribution des couleurs, le dessin qu'elles forment, en un mot le caractère

Digitized by Google

de la robe. Chez le Cheval la couleur est uniforme (1), et quand elle perd cette uniformité c'est par l'effet d'un albinisme partiel qui forme de grandes plaques dans la robe pie, ou intercepte des taches dans la robe pommelée.

Chez l'Hémione, la teinte générale du corps, qui est Isabelle, est constamment et régulièrement coupée par une ligne brune qui parcourt toute la ligne dorsale. Chez l'Ane, à cette ligne dorsale s'en ajoute une seconde qui la croise sur les épaules. Chez les trois espèces africaines le nombre des raies augmente considérablement, et chaque espèce a son mode et son système spécial de raies ou de zébrures, expression empruntée au système de coloration de l'espèce le plus généralement connue.

Un deuxième caractère est celui de la voix. Chaque espèce du genre Cheval a sa voix et ses inflexions. Nous connaissons la différence du hennissement du Cheval et du braire de l'Ane, l'Hémione a son cri particulier, le Couagga le sien qui est une sorte d'aboiement, etc. Dans chaque espèce, des modifications particulières du larynx déterminent les différences du timbre vocal.

Les deux caractères que je viens de signaler ont ceci de significatif, non-seulement qu'ils sont parfaitement définis, vraiment spéciaux, mais encore qu'ils se rattachent à la relation des individus appartenant à une même espèce, ayant besoin les uns des autres, ayant par conséquent besoin de se reconnaître à distance, et de se faire entendre. Ceci est d'autant plus important, que toutes ces espèces de chevaux sont sociales et vivent par petites troupes sous la conduite d'un chef. Jamais dans une troupe on ne rencontre des individus de robe ou de voix différentes. La robe et la voix sont donc, l'une par son uniformité ou un dessin déterminé, l'autre, par son timbre et ses inflexions des caractères limitateurs, des caractères d'espèce.

Mais voici un autre ordre de faits plus décisif encore que les faits précédents et qui concorde avec eux.

Lorsqu'on essaye des alliances entre les différentes espèces du genre Cheval, en s'aidant de certains artifices on réussit à croiser le Cheval avec l'Ane, l'Ane avec l'Hémione, et on obtient des produits hybrides, mais des produits qui n'ont qu'une postérité très-restreinte, sinon nulle quand ils s'allient entre eux, ou qui font retour à l'un des types originels quand ils se croisent avec ceux-ci. D'où suit qu'il ne se crée pas dans cette famille d'espèces nouvelles et mixtes, et que les espèces se perpétuent telles que nous les connaissons, indépendamment les unes des autres. En un mot, point d'espèce hybrides dans le genre que nous venons de prendre pour exemple, malgré la grande similitude des espèces qui le composent.

(1) Sauf les différences de nuances et de teintes qui distinguent généralement chez les mammifères les parties inférieures du corps comparées aux supérieures, et la face externe des membres comparée à l'interne.

Si maintenant, au lieu de choisir les exemples précédents, nous étudions nos Anes et nos Chevaux domestiques, en comparant non plus les Anes aux Chevaux, mais les Anes aux Anes, les Chevaux aux Chevaux, le Cheval arabe au Cheval barbe, puis des Chevaux de plus en plus différents, nous trouverons des contrastes de grandeur, de formes, de poil, de force, de qualités, d'habitudes; mais nulle part un caractère qui nous permette de placer une limite, nulle part autre chose que des différences relatives et proportionnelles. Puis, en essayant de croiser ces divers Chevaux ou ces divers Anes, nous obtiendrons des produits mixtes, en mesure de se reproduire indéfiniment, en un mot, non plus des hybrides stériles, mais des métis féconds. Nous aurons ainsi la preuve que nos chevaux, quelque différents qu'ils soient, peuvent dériver d'une même souche, qu'ils ont la même nature et qu'ils peuvent avoir la même origine; nous avons donc sous les yeux les variantes d'un même type, suceptibles de se perpétuer comme de se mêler, c'est-à-dire des races.

Généralisez ces deux faits si nettement fournis par les exemples que j'ai choisis, car toutes les expériences faites jusqu'à ce jour donnent des résultats pareils pour les êtres vivants, pour les plantes comme pour les animaux, vous aurez la complète signification des mots *espèce* et *race*.

L'*espèce* est un groupe d'individus qui unissent à des caractères communs, définis, particuliers et inaliénables, la faculté de contracter entre eux des alliances indéfiniment fécondes.

Nous appellerons *race* tout groupe d'individus qui joignent à des caractères communs et héréditaires, mais sans limite précise la faculté de contracter alliance, non seulement entre eux, mais encore avec d'autres groupes congénères qui ne diffèrent des premiers que par des caractères non limités.

De ces déterminations empruntées à toute l'histoire des êtres vivants, passons à l'appréciation des caractères et des relations des groupes humains dont les polygénistes font des espèces et les monogénistes de simples races ou variétés générales et persistantes.

Nous avons vu que les différences qui servent à caractériser les races humaines portent :

Sur la couleur de la peau;
Sur le système pileux;
Sur les traits du visage;
Sur les formes de la tête.

Nous pourrions nous borner à remarquer sommairement qu'aucun des caractères fournis par ces quatre ordres de faits n'est limité et spécial; mais il vaut la peine d'entrer dans quelques détails sur chacun d'eux.

1° La *couleur* est uniforme dans toutes les races et ne forme pas de dessins. Elle est plus ou moins claire ou foncée. Héréditaire, elle se montre dans les races colorées peu de jours après la naissance. Mais dans chaque race elle offre des nuances nombreuses, et l'on voit acci-

Digitized by Google

dentellement des teintes foncées sur des sujets de race claire, des teintes claires chez des hommes de race colorée. On compte même des populations plus ou moins brunes ou noirâtres qui se rattachent aux familles humaines le plus ordinairement claires. Ces variations ont pour cause de simples différences de quantité et de nuances offertes par une même matière commune à toutes les races. Chez toutes, la peau offre une organisation identique, et chez toutes on rencontre, au-dessus d'un derme parfaitement incolore, une couche composée de cellules molles et turgides connue sous le nom de corps muqueux de Malpighi, et qui n'est que la partie la plus interne et la plus vivante de l'épiderme : là se trouve répandue cette matière granuleuse ou diffuse qu'on nomme le pigment, dépôt plus ou moins abondant, diversement nuancé et qui, vu à travers les couches épidermiques superficielles, décide des teintes de la peau. Différences graduées de quantité et de coloration, voilà tout ce que nous observons; mais partout c'est la même matière.

2° Le *système pileux* n'offre aucune particularité de distribution. Seulement là où il se montre, et particulièrement à la tête, il est plus ou moins abondant, serré, développé en longueur, fin ou grossier, droit ou disposé à se boucler, à friser, parfois à se feutrer. Plusieurs populations ont la barbe peu fournie. D'autres ont les cheveux toujours droits et roides; certaines races, les nègres, les ont crépus comme de la laine, et nous avons vu que chez les Hottentots ces cheveux crépus sont groupés par petites houppes, tandis qu'ailleurs ils forment un feutre épais et continu. Mais ici encore les différences extrêmes sont réunies par toutes les transitions imaginables. Partout le système pileux de l'homme se compose d'une seule espèce de poil et la prétendue laine du nègre n'est rien moins que ce qu'on nomme la laine ou la bourre chez les mammifères, et qui se distingue du poil proprement dit ou jar, par les aspérités dont elle est hérissée. La seule observation à signaler ici c'est que la coupe transversale des poils donne des différences en rapport avec leur plus ou moins de disposition à se replier sur eux-mêmes. Ainsi les poils droits et raides offrent une coupe transversale circulaire. Ceux qui sont disposés à se boucler en offrent une ovale, et ceux qui se contournent fortement sur eux-mêmes, les poils crépus, sont plus comprimés encore. Quant aux couleurs du système pileux, les races ne diffèrent que par les exceptions plus ou moins nombreuses qu'elles présentent à l'égard de la teinte générale et fondamentale qui, pour les grands types, est la teinte noire.

3° Les traits du visage concourent pour beaucoup à la caractéristique des races. Et cependant ils varient beaucoup dans la même catégorie de peuples, chez les nègres, par exemple, comme vous pouvez vous en convaincre en comparant les portraits que je fais projeter sur le tableau; ce nègre, de la région soudanienne ressemble peu à ce noir de Guinée, et celui-ci à ces deux nègres, homme et femme du Congo.

Puis vous retrouvez des narines étalées, des lèvres grosses et saillantes chez un grand nombre de peuples différents; la mâchoire supérieure avec les dents incisives se projette en avant, non pas dans une race seulement, mais généralement dans toutes celles dont la civilisation est relativement inférieure; les pommettes sont saillantes et relevées ailleurs que chez les Mongoles. Combien parmi nos campagnards européens et dans nos villes de figures qui rappellent celles des races étrangères! Rien non plus d'absolument général ni d'exclusif dans cet ordre de caractères.

4° Enfin, si nous consultons les formes de la tête, si nous nous attachons à ce qu'elles ont de plus caractéristique dans leur ensemble plutôt que dans tel ou tel détail d'une valeur très-variable, comme celle de l'angle facial; si, en un mot, nous divisons avec Retzius les têtes humaines en têtes longues et médiocrement hautes, ou *dolichocéphales*, et en têtes courtes et élevées, ou *brachycéphales*, nous arrivons à une classification des races humaines qui ne correspond plus à celle que donnent les autres caractères. Plus que jamais, même en faisant la part des subdivisions qu'on peut établir dans ces formes, nous voyons les mêmes formes se montrer chez des peuples très-éloignés et très-différents à tous les autres égards, et, en revanche, nous trouvons les vrais Chinois, qui sont dolichocéphales à mâchoire faiblement projetée, entourés de populations à tête courte et à mâchoire plus ou moins saillante. L'ethnographie peut utiliser ce genre de différences pour suivre certaines populations à travers celles qu'elles ont traversées jadis; mais on ne saurait où poser des limites entre les catégories de peuples qui, dans les deux grands continents, se partagent les deux grands types de la forme céphalique et leurs types secondaires.

La nature des différences que nous offrent les races humaines est telle, que nous ne saurions en déduire de vrais caractères, des caractères définis, limités par leur spécialité même, comparables à ceux que nous offre la robe d'un tigre comparée à celle d'une panthère ou de toute autre espèce du genre si naturel des chats. Les types humains les plus séparés par l'ensemble des traits qui les différencient ne nous offrent en définitive que du plus ou du moins dans les formes, les couleurs, etc.; et si l'on voulait comparer les modifications qui caractérisent les races, on ne pourrait mieux faire que de les comparer à des tempéraments généraux correspondant à ces tempéraments individuels désignés sous les noms de lymphatique, bilieux et nerveux.

Voyons encore ce que nous apprennent sur la distance qui sépare les races les résultats des alliances qu'elles contractent. Non-seulement elles les contractent spontanément et sans contrainte, mais ces alliances sont fécondes, produisent des races mixtes qui, livrées à elles-mêmes, se maintiennent et se perpétuent indéfiniment.

Digitized by Google

Des peuples entiers, vivant de leur propre vie, n'ont pas d'autre origine; tels sont les Griquas du Cap, population métis dans laquelle se sont fusionnés le sang hollandais et le sang hottentot; tels encore les Cafusos, demi-Nègres et demi-Indiens de l'Amérique méridionale; les Papouas des côtes de la Nouvelle-Guinée, etc.

Le grand argument du polygénisme, celui sans lequel, à vrai dire, cette doctrine n'aurait aucune raison d'être, est le fait de persistance, ce fait en vertu duquel un nègre transporté dans le Nord demeure nègre, et deux races peuvent vivre dans le même pays, sous le même climat, sans que leurs différences disparaissent. Mais qu'est-ce en définitive que le fait de persistance? C'est le fait d'hérédité, un fait physiologique très-général, beaucoup trop général pour avoir la signification que veulent lui donner les polygénistes. Nous avons assisté plus d'une fois à la naissance d'une race nouvelle d'animaux domestiques, témoin le mouton de Beauchamp, plusieurs autres races de moutons, de bœufs; nous savons comment les éleveurs fortifient des caractères acquis et rendent héréditaires, non-seulement des caractères corporels, mais des aptitudes qui supposent le développement, sinon la création d'instincts spéciaux. L'hérédité perpétue ces modifications qui sont bien des modifications dans le sens historique du mot. Que faut-il pour que cette hérédité équivale à celle qui maintient depuis plusieurs milliers d'années la différence du nègre et du blanc? Qu'elle s'exerce sur des êtres qui réagissent plus que l'animal contre l'influence des milieux; sur des êtres qui, en vertu de la longueur de la vie et plus spécialement de leur longue période de développement, s'approprient plus complétement les changements que leur font lentement subir les actions modificatrices. Plus une modification est rapide et plus elle est passagère, plus elle est lente et plus elle persiste. C'est là tout le secret de la persistance des différences qui existent entre les races humaines. Du reste, n'exagérons pas cette opiniâtreté des caractères qui diversifient l'humanité. Les changements de milieu et de genre de vie modifient notablement les traits, la couleur, la charpente osseuse elle-même. Les Anglo-Saxons ont fourni aux États-Unis une race yankee, qui a plus d'une ressemblance avec les tribus indiennes des mêmes régions; les nègres créoles se rapprochent sensiblement des Européens par les changements qu'éprouvent leurs traits; les teintes foncées s'éclaircissent loin du soleil des tropiques chez les esclaves voués aux travaux d'intérieur. Il y a tout au moins acheminement à des caractères nouveaux dans les faits qu'uneexpérience encore courte et incomplète nous fournit.

Encore une fois, ce qui doit décider la question en litige, c'est la nature des caractères et non leur persistance; d'autant que, pour être conséquent, il faudrait, en vertu de celle-ci, reconnaître pour espèces distinctes, non-seulement les grands types, mais toutes les ramifications plus ou moins caractérisées et durables de la grande famille humaine. Arians et Sémites, et parmi les premiers, Germains, Gaels, Kymris, c'est-à-dire Bretons de l'Armorique et Gaulois de la France centrale, etc., seraient autant d'espèces d'hommes. Il faut tout le courage et le génie antihumain de l'école américaine pour ne pas reculer devant des conséquences aussi parfaitement logiques de la doctrine polygéniste.

Il est temps, messieurs, de nous résumer et de conclure.

Les races humaines sont pour le naturaliste des variétés d'une seule et même espèce qui s'appelle l'homme. Elles procèdent d'une seule et même nature; elles se présentent à nous comme se présenteraient, si nous pouvions remonter à leur origine, les descendants d'une même famille, d'une même paire. Ce sont des familles sœurs à l'état de dispersion, égales sinon dans leur développement et dans le bonheur de leurs destinées, du moins, et c'est l'essentiel, par la communauté de leur nature. Il y a des races dégradées qui ont besoin d'aide pour se relever. Au lieu d'exploiter cette dégradation, ou de balayer ces malheureuses populations devant une civilisation impitoyable à qui ne lui paye pas son tribut, essayons de les attirer à une vie sociale meilleure que la leur.

Je termine, messieurs, en affirmant, selon ma profonde conviction, que la science bien informée ne condamne pas moins que le sens moral la possession de l'homme par l'homme, cette monstrueuse institution de l'esclavage en faveur de laquelle on a invoqué, et l'on aurait au besoin inventé, de l'autre côté de l'Atlantique, la doctrine de la pluralité des espèces humaines, en face de laquelle je proclame devant vous, avec une entière confiance, celle de l'unité de l'homme.

HOLLARD.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### XIX et XX.

**Des variations de force du curare; de son origine et de ses propriétés toxiques.**

Le curare, comme tous les poisons qui deviennent médicaments, est destiné à entrer dans la thérapeutique, mais, dès qu'on veut considérer ce poison comme médicament, il se présente aussitôt une question de la plus grande importance, celle du dosage facile de la matière. Cette question domine toujours la théorie d'un médicament et il faut qu'elle soit résolue pour que l'emploi du

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14 et 15.

Digitized by Google

médicament se répande dans la pratique. On peut, sans doute, à la rigueur, administrer un remède sans le doser exactement, et les médecins le font assez souvent. Mais une méthode aussi imparfaite n'est admissible qu'avec des substances peu actives; l'incertitude qui subsiste sur la quantité de matière réellement administrée présente alors un danger beaucoup moins grand, parce qu'une exagération de dose même assez considérable n'entraînerait point de conséquence funeste. Le curare n'est point dans ce cas, et vous avez pu voir plus d'une fois que son action sur l'organisme était extrêmement énergique. Nous devons donc chercher à le doser exactement.

Cette question de dose, d'une importance si capitale pour le curare, se présente également avec la même gravité pour d'autres poisons qui sont déjà entrés depuis longtemps dans la thérapeutique; et les incertitudes restées sur ce point ont amené plus d'une fois des accidents déplorables.

Ainsi M. Claude Bernard lui-même eut à se prononcer, il y a déjà un certain nombre d'années, sur les causes d'accidents de ce genre arrivés chez des malades qui subissaient un traitement par l'extrait alcoolique de noix vomique. On constata que le jour de l'accident on avait entamé un nouveau pot d'extrait alcoolique de noix vomique, le précédent se trouvant épuisé. M. Claude Bernard fut alors prié d'examiner la variabilité de l'extrait alcoolique de noix vomique. Afin de pouvoir procéder comparativement dans cette recherche, il essaya plusieurs pots d'extrait alcoolique de noix vomique pris au hasard dans de très-bonnes pharmacies. Après avoir au préalable desséché convenablement ces divers extraits, il les diluait dans des quantités d'eau de plus en plus considérables, mais toujours parfaitement connues; puis il essayait la force comparative de ces diverses dissolutions avec des réactifs vivants, c'est-à-dire avec des grenouilles auxquelles il les administrait. M. Claude Bernard put ainsi constater que les extraits alcooliques de noix vomique avaient une concentration et par suite une énergie des plus variables, à tel point que les uns étaient cinq ou six fois plus actifs que les autres. Les accidents qui s'étaient produits n'avaient plus dès lors rien d'étonnant.

Il faudrait donc tendre à éliminer de plus en plus de la thérapeutique tous ces extraits de diverse origine qui sont toujours des médicaments fort infidèles, parce qu'on ne sait jamais au juste la quantité de matière active qu'ils contiennent et par suite la dose réelle de médicament que l'on donne à son malade. Or, quand nous administrons un remède, il faudrait que nous puissions toujours dire exactement ce que nous donnons, et en quelle quantité nous le donnons; autrement chaque administration de médicament n'est qu'une expérience empirique faite sur les hommes. Or ceux qui condamnent le plus vivement l'expérimentation appliquée aux animaux sont souvent ceux qui la pratiquent le plus facilement sur l'homme; et il en sera malheureusement toujours ainsi tant que l'empirisme régnera sans partage en médecine.

Le curare, sous la forme où nous l'employons maintenant, étant un véritable extrait au même titre que l'extrait alcoolique de noix vomique et tous les autres, les critiques que nous venons de faire s'appliquent évidemment à lui; ce poison présente en effet, comme nous allons le voir, les diversités les plus considérables.

Et d'abord le curare nous arrive sous des formes très-variables. Il est quelquefois placé dans des calebasses semblables à celles que vous voyez ici; ces calebasses ne sont jamais tout à fait pleines, ce qui tient à ce que, après y avoir déposé le poison, on les suspend dans des cheminées pour les faire sécher; la dessiccation diminue naturellement le volume de la matière toxique. Le curare nous arrive encore dans des pots de diverses grandeurs dont vous voyez ici un certain nombre d'échantillons. Enfin nous recevons aussi directement des flèches empoisonnées de toutes les grandeurs préparées par les Indiens, soit pour la chasse, soit pour la guerre, et armées à leur extrémité d'un petit dard imprégné de matière toxique.

Mais tous les curares qui nous arrivent ne sont pas toujours constitués par la même substance; le nom, la nature et la force varient souvent d'une tribu à l'autre. Il était donc indispensable de définir physiologiquement le curare. Pour nous, le curare est une substance toxique qui détruit les propriétés du système nerveux moteur et qui n'agit que sur lui : toutes les autres actions du curare dérivent de celle-là, et elle suffit, par conséquent, à le caractériser. Mais toutes les substances qu'on nous envoie sous le nom de curare ne possèdent point cette propriété, et par conséquent ne sont pas du curare; sans doute elles produisent la mort comme le curare, mais elles la produisent par un autre mécanisme et en vertu de propriétés différentes.

Voici, par exemple, un carquois rempli de flèches qui fut donné autrefois à M. Claude Bernard par M. Boussingault; celui-ci lui dit, en le lui remettant, qu'il contenait des flèches empoisonnées par le curare et qu'on n'y trouverait par conséquent rien de nouveau. Ces flèches étaient en effet arrivées à M. Boussingault, des bords de l'Orénoque, sous le nom de curare. Mais lorsque M. Claude Bernard essaya la substance qui avait servi à les empoisonner, il s'aperçut tout de suite qu'il avait affaire à un corps très-différent du curare puisqu'il arrêtait le cœur.

Une expérience comparative va mettre ce résultat en évidence. Nous prenons deux grenouilles que nous empoisonnons, l'une avec le véritable curare et l'autre avec le pseudo-curare provenant de ces flèches. Vous voyez immédiatement que les effets sont bien différents. La grenouille empoisonnée par le curare reste tout à fait immobile et présente tous les caractères que vous avez vu, bien des fois déjà, se produire ici sous vos yeux.

Digitized by Google

L'autre, au contraire, court très-bien et paraît à peine s'apercevoir des effets toxiques du pseudo-curare que nous lui avons donné. Ces effets se sont pourtant produits d'une manière complète, et en réalité, malgré la différence d'état si considérable qui semble exister entre elles, ces deux grenouilles ne sont ni plus ni moins mortes l'une que l'autre ; la première ayant perdu l'usage de son système nerveux moteur a perdu en même temps la propriété de se mouvoir, et elle périra, par suite de cette perte, lorsque les mouvements nécessaires à la respiration ne pourront plus s'accomplir. La seconde, tout alerte qu'elle paraît, se trouve dans le même état que si on lui avait arraché le cœur, et elle périra lorsque le sang privé de son moteur propre, et par conséquent de la faculté d'aller respirer et se revivifier dans les poumons, aura perdu ses propriétés nutritives et excitantes pour les organes.

La différence entre les effets des deux poisons est donc extrêmement sensible. Cependant les Indiens ne s'en aperçoivent pas, et cela par une raison toute naturelle ; ils ne chassent que des animaux supérieurs, et à sang chaud, des oiseaux ou des mammifères, et leurs flèches, bien que diversement empoisonnées, tuent toujours très-rapidement ces animaux qui ne peuvent survivre qu'un instant excessivement court à l'arrêt des contractions du cœur. S'ils chassaient des animaux à sang froid comme les grenouilles, il en serait tout autrement. En effet, les grenouilles meurent très-vite ou plutôt sont très-vite paralysées par le curare; au contraire, le pseudo-curare dont nous parlons, n'ayant d'autre effet que d'arrêter le cœur, et les grenouilles conservant, longtemps encore après l'arrêt de cet organe, la propriété de mouvoir leurs membres, elles se sauvent très-facilement et ne paraissent pas empoisonnées, bien que le cœur soit arrêté.

Ainsi une première difficulté, c'est la variété des substances qui nous arrivent sous le nom de curare.

Une autre difficulté plus grave encore que la première ce sont les variations considérables que peut subir la force toxique ou médicamenteuse du curare.

Voici, par exemple, six dissolutions de curare faites avec des curares d'origine diverse, mais toutes également concentrées : chacun de ces flacons contient 100 grammes d'eau dans lesquels on a fait dissoudre un gramme de curare sec. Le premier que voici est du curare de Para rapporté dans une calebasse et donné à M. Claude Bernard par M. Vincent, qui a publié un travail chimique sur le curare. Le second est du curare fabriqué sur les bords de l'Orénoque et provenant d'un don de M. Émile Carrey. Le troisième a été donné à M. Claude Bernard par M. Nélaton. Un autre provient du Venezuela et a été donné par M. Rayer; ce dernier enfin provient d'un don fait à M. Claude Bernard par M. Boussingault.

En examinant cette série de dissolutions, vous voyez de suite que les différences de colorations sont très-sensibles. Toutes ces dissolutions ont été essayées hier sur des grenouilles, et on a pu constater que les plus colorées étaient en même temps les plus actives. Est-ce là un caractère constant ? Nous n'en savons rien, mais on peut très-bien supposer que les dissolutions les plus colorées contiennent sous un même volume une quantité d'extrait plus considérable que les autres. Du reste, on a toujours reconnu que le curare de Para était plus actif que les autres, et vous voyez que sa dissolution est aussi de beaucoup la plus foncée.

Une expérience comparative va mettre en évidence ces différences d'intensité dans l'action toxique. Voici deux lapins de même taille et parfaitement comparables entre eux ; nous leur injectons à chacun sous la peau une égale quantité de dissolution de curare, contenant deux milligrammes de curare sec. Les conditions sont donc identiques des deux côtés ; seulement le premier lapin reçoit une dissolution de curare énergique, de curare de Para, tandis que l'autre reçoit une dissolution de curare faible, du curare du Venezuela.

Le premier lapin reçoit l'injection de curare à deux heures vingt minutes, et à deux heures trente minutes, c'est-à-dire au bout de dix minutes, il est pris des effets toxiques ; l'autre, opéré à deux heures vingt-trois minutes, n'avait encore ressenti aucun effet à la fin de la leçon et il est très-certain qu'il ne mourra pas. La différence entre les effets produits dans les deux cas est donc extrêmement considérable, puisque d'un côté c'est la mort et de l'autre une action à peine sensible. Il n'est plus nécessaire après cet exemple d'insister davantage sur les variations de la force toxique du curare.

Dans l'état actuel de la question, l'usage thérapeutique du curare présenterait donc un double danger : 1° employer du curare qui n'en est pas réellement; 2° employer du curare dont on ne connaît pas la force. Le seul moyen d'éviter ce double inconvénient, c'est de chercher à extraire du curare un principe actif qu'il soit possible de doser exactement.

Paracelse a introduit le premier dans la science l'idée de *quintessence* des médicaments. Son point de départ et son type, c'était le vin, dont la quintessence, c'est-à-dire l'alcool, produisait sous un plus petit volume un effet identique, à savoir, l'ivresse. Aujourd'hui, on ne parle plus de quintessence ; mais il s'agit toujours d'avoir la matière active que l'on administre à un état de pureté et de concentration aussi grand que possible. On étudie maintenant tous les médicaments dans ce sens, et cette recherche analytique peut quelquefois être menée fort loin ; ainsi, on a déjà séparé dans l'opium cinq ou six substances différentes ayant des propriétés parfaitement tranchées, puisque les unes endorment, tandis que d'autres produisent des convulsions violentes.

Le curare nous met aussi en présence d'un extrait, qui se fait sans doute avec un grand nombre de substances très-différentes les unes des autres, des plantes de plusieurs espèces, des matières animales, des fourmis, du

Digitized by Google

venin de crapaud, et peut-être bien d'autres choses encore, car la liste serait longue, s'il fallait indiquer ici toutes les substances auxquelles on a fait jouer un rôle dans la composition de ce poison. Toutes ces substances seraient ensuite mélangées et cuites ensemble pendant un certain temps. De Humboldt, qui ouvre l'ère des récits vraiment scientifiques sur la fabrication du curare, admet que l'élément essentiel de cette fabrication est une strychnée. M. Boussingault et M. Roulin sont du même avis. Schomburgk a décrit en effet une strychnée qu'il appelle *Strychnos toxifera* et qu'il indique comme étant la base de la fabrication du curare. C'est peut-être là une des raisons qui ont fait dire, mais à tort, que le curare avait des rapports de propriétés avec la strychnine. Si le curare provient effectivement de la *Strychnos toxifera*, comme le dit Schomburgk, il faudrait donc admettre que cette strychnée donne un principe toxique très-différent de celui que fournissent les autres plantes de la même famille. Mais il ne peut plus y avoir là de difficulté aujourd'hui. Un très-grand nombre de faits incontestables sont venus montrer qu'une même plante peut fournir des principes toxiques divers, et, pour ne citer qu'un exemple, l'opium, qui provient d'une seule plante, contient cinq ou six principes toxiques, très-différents les uns des autres. Comment donc des plantes appartenant à la même famille, mais en définitive différentes quant à l'espèce, ne pourraient-elles pas produire des principes toxiques opposés ou différents.

MM. de Humboldt, Boussingault, Roulin, Schomburgk, etc., indiquent un grand nombre de substances comme figurant dans la fabrication du curare, et surtout beaucoup de plantes diverses. Mais la principale de ces plantes serait la *Strychnos toxifera* nommée *urari* par les naturels du pays, et qui aurait ainsi donné son nom au poison. Voici, du reste, la recette donnée par Schomburgk pour cette fabrication :

RECETTE DE SCHOMBURGK.

(Jeunes pousses et écorces des plantes suivantes.)

| | |
|---|---|
| URARI (*Strychnos toxifera*) . . . . . | 2 livres. |
| JAKKI (*Strychnos Schomburgkii*). . . | 1/4 de livre. |
| ARIMARU (*Strychnos cogens*). . . . . | 1/4 de livre. |
| TARIRENG (?). . . . . | 1/4 de livre. |
| WAKARIN (?). . . . . | 1/4 once. |
| TARARIMU (?). . . . . | 1/4 once. |
| MURAMU (quelques écailles du bulbe de cette plante). | |
| MANUCA (une *Xanthoxylée*). | |

Nous avons dit dans la dernière séance que les propriétés toxiques du curare avaient une intensité fort variable suivant les cas, et nous avons constaté notamment que le curare de Para est cinq fois plus actif que le curare du Venezuela. En faisant des expériences parallèles sur des animaux comparables, on peut ainsi graduer, en quelque sorte, la force des différents curares. Mais, pour obtenir des résultats exacts par cette méthode, il faut opérer sur des animaux *neufs*, c'est-à-dire sur des animaux qui n'ont pas encore servi à des expériences analogues, et qui n'ont pas été soumis à l'action du même poison. En effet, on sait que des malades prennent quelquefois des doses d'opium véritablement toxiques dans les circonstances ordinaires, et pourtant fort inoffensives pour eux, par suite de l'accoutumance qu'ils avaient acquise pour ce poison par des administrations longtemps et régulièrement répétées. Les expériences que nous avons faites pour savoir si les animaux ne s'habitueraient pas au curare comme ils s'habituent à l'opium, ne nous ont pas fourni de résultats bien nets.

Lorsqu'on administre une nouvelle dose de curare à un animal revenu depuis peu de temps des effets d'une dose modérée de ce poison, les effets ordinaires de cette seconde dose se trouvent augmentés dans une proportion sensible. C'est là un résultat en quelque sorte contraire à l'accoutumance, et qu'il est facile de s'expliquer, en examinant les phases successives du passage du curare à travers l'organisme. En effet, lorsqu'on injecte une certaine dose de curare sous la peau d'un animal, l'absorption extérieure commence tout de suite, et la substance passe immédiatement dans le sang. Cependant les effets toxiques ne se font sentir qu'au bout d'un certain temps. L'introduction du curare dans le sang se fait progressivement; or, pour que le poison puisse agir, il faut qu'il se trouve dans le sang en quantité suffisante, et de plus qu'il ait pénétré, par ce que nous avons appelé l'absorption intérieure, jusque dans les espaces intra-organiques, c'est-à-dire dans le milieu propre et immédiat des éléments nerveux moteurs qu'il doit frapper. Mais, tandis que l'absorption se fait ainsi par ses deux degrés successifs, l'élimination continue toujours, et quand elle a enlevé une assez grande quantité de matière toxique, l'animal se relève. Cependant, il a encore du curare dans le sang, mais il n'en a plus qu'une quantité insuffisante pour maintenir la paralysie des nerfs moteurs; si on lui donne alors, au bout d'un temps assez court, une nouvelle dose de curare, même très-minime, et qui serait évidemment insuffisante pour empoisonner l'animal à elle seule, il peut très-bien arriver que l'empoisonnement se produise parce que cette petite dose, en pénétrant dans le sang, s'ajoute à la quantité de curare qui y restait encore. Nous allons vous montrer le fait expérimentalement.

Voici un lapin à qui nous allons donner sous la peau 4 milligrammes de curare du Venezuela. L'animal sera pris des effets toxiques, mais il se réveillera avant la fin de la séance, et nous lui injecterons immédiatement sous la peau une nouvelle dose de 2 milligrammes de ce même curare du Venezuela. Il est évident que cette dose n'est pas toxique par elle-même, puisque ce même animal l'a déjà supportée sans en ressentir aucun effet sensible, et cependant vous verrez que cette fois elle le tuera très-probablement.

Le lapin reçoit la première dose de 4 milligrammes sous la peau à une heure quarante-cinq minutes; il est pris des effets toxiques à une heure cinquante-huit mi-

Digitized by Google

nutes, et revient à lui à deux heures trente-trois minutes; il reçoit à deux heures trente-neuf minutes la seconde dose de 2 milligrammes, et à deux heures quarante-cinq minutes, il est repris très-fortement des effets toxiques.

Nous devons parler maintenant des propriétés chimiques du curare; car si on l'emploie dans la thérapeutique, on peut avoir besoin de hâter ou de suspendre ses effets, ce qui exige la connaissance de ses propriétés chimiques.

Le curare est soluble dans l'eau et dans tous les liquides animaux; il contient pourtant des particules insolubles dans l'eau, comme vous pouvez l'observer facilement en examinant tous ces flacons qui contiennent des dissolutions aqueuses de curare. L'observation microscopique montre que ces particules, insolubles dans l'eau, sont constituées par des débris de végétaux, des grains d'amidon, etc. Le curare est encore soluble dans l'alcool; et la solution aqueuse ou alcoolique a tous les caractères et toutes les propriétés de la substance elle-même : c'est en effet la solution aqueuse que vous nous avez vu employer presque toujours ici. Mais il reste des particules insolubles dans l'alcool comme dans l'eau. Le curare n'est pas soluble dans l'éther, l'essence de térébenthine, le sulfure de carbone, etc., et toutes ces substances le précipitent quand on en verse une petite quantité dans ses dissolutions alcooliques, par exemple. Le tannin le précipite également.

Le curare est certainement toxique quand on le fait absorber dans le sang. Mais peut-il s'y introduire par les poumons ou l'absorption cutanée? On a prétendu que la vieille femme qui préparait le curare devait mourir sous l'influence de ses émanations comme preuve que le curare était bon. La Condamine raconte cette histoire sans dire qu'il y croit, mais sans dire non plus le contraire. Fontana a donc institué des expériences pour savoir si les vapeurs de curare étaient toxiques. Il réduisit du curare en poudre fine, et projeta cette poudre sur des charbons ardents, ce qui amena un dégagement considérable d'une fumée blanchâtre fort nauséabonde, ayant, dit-il, l'odeur des excréments brûlés; mais les personnes placées dans la salle où se faisait cette opération n'éprouvèrent aucun malaise sérieux. Fontana fit même arriver cette fumée blanchâtre sous une cloche où il avait placé un pigeon, et ce pigeon ne ressentit aucun symptôme toxique. Une décoction qu'on fit bouillir pendant longtemps ne produisit également aucune émanation malfaisante. Toutes ces expériences sont parfaitement concluantes.

Le curare est très-hygrométrique, et il attire facilement l'humidité de l'air qui l'entoure. S'altère-t-il ou ne s'altère-il pas sous l'influence des circonstances extérieures? On n'est pas d'accord sur ce point. Certaines personnes soutiennent qu'il s'altère. Mais M. Claude Bernard a eu occasion de conserver pendant plus de dix ans des dissolutions de curare où il avait même fini par se développer des moisissures : la dissolution était un peu décolorée, mais les propriétés toxiques existaient encore comme auparavant. On ne peut pas affirmer, il est vrai, qu'elles n'aient pas un peu diminué d'intensité, car la dissolution n'avait pas été titrée. Voici, du reste, un fait plus démonstratif. L'été dernier, M. Claude Bernard plaça des morceaux de curare dans des chairs en putréfaction; plus tard, lorsque la décomposition de ces chairs fut complète, il reprit les résidus par l'alcool pour dissoudre le curare, qu'il sépara ensuite de cette dissolution. Voici le curare qui a subi toutes ces opérations, et il serait facile de vous montrer qu'il a parfaitement conservé toutes ses propriétés toxiques.

Certains curares peuvent cependant perdre leurs propriétés toxiques. Il y a, en effet, bien des genres de curare; on peut en citer qui ont évidemment une origine végétale, et d'autres qui dérivent non moins évidemment de matières animales. Ainsi il y a du curare dont le principal élément toxique est le venin de crapaud. Les Indiens qui emploient ce curare font de longues chasses pour se procurer ce venin. Ils partent lorsqu'il va pleuvoir, — ce qui est facile à prévoir dans les pays chauds, — parce que la pluie faisant sortir les crapauds de leurs retraites, la chasse est ainsi plus fructueuse. A l'aide de broches de bois dont ils se sont munis, ils enfilent les crapauds les uns au-dessus des autres, comme on fait quelquefois pour les limaçons; lorsque la broche est garnie d'une extrémité à l'autre, ils en prennent une seconde, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la chasse. Puis ils rentrent chez eux en rapportant ces brochettes de crapauds, qu'ils placent devant un grand feu allumé, absolument comme s'ils voulaient les rôtir. La chaleur fait exsuder aux crapauds les venins qu'ils ont dans leurs pustules; les Indiens recueillent avec de petites palettes de bois cette espèce de sueur venimeuse, qu'ils réunissent dans des petits pots, et ils recommencent l'opération tant que les crapauds peuvent leur fournir du liquide toxique. Puis ils trempent leurs flèches dans les liquides ainsi recueillis, et ce qui reste, ils le mettent en réserve, pour des besoins futurs, dans des vases que l'on voit suspendus au coin de leur cabane.

Voilà une espèce de curare qui évidemment peut s'altérer; car le venin de crapaud est assez altérable, et M. Claude Bernard l'a vu effectivement se modifier profondément en une année, sous l'influence de l'humidité.

Quant au curare particulier, qui a seul conservé ce nom en Europe, à savoir le curare qui tue les nerfs moteurs, il est certainement inaltérable, même au milieu de matières animales en putréfaction, comme nous l'avons montré plus haut, et bien longtemps après la mort d'un animal tué avec ce poison, on pourrait, s'il y en avait assez, le retrouver encore intact dans le cadavre de la victime.

Mais n'y a-t-il pas d'autres substances qui puissent agir sur le curare pour détruire ses propriétés toxiques?

Digitized by Google

En un mot, le curare n'a-t-il pas de contre-poison?

Un des contre-poisons dont on a le plus souvent parlé, c'est le sel marin, placé soit dans la plaie elle-même, soit autre part. Mais M. Claude Bernard a essayé plus d'une fois de l'employer sans jamais obtenir de résultat favorable. On lui avait également envoyé une liqueur dont il ne connaissait pas la composition, et que l'on disait propre à détruire les effets du curare, mais qui, à l'expérience, ne se trouva pas plus efficace.

Et en effet on ne connaît pas de contre-poison qui puisse agir dans le sang. Lorsque la matière toxique, quelle qu'elle soit, a pénétré dans le torrent de la circulation, on ne peut plus que recourir à des moyens physiologiques pour activer l'élimination; par exemple, pratiquer la respiration artificielle, etc. Mais tous ces moyens ne constituent pas des contre-poisons.

Il y a cependant des substances qui agissent sur l'empoisonnement par le curare, les uns comme cautérisants, les autres en modifiant le curare lui-même. Parmi ces dernières, il y en a même qui détruisent complétement le curare, par exemple le chlore employé d'ordinaire à cet effet sous forme d'eau chlorée. Mais tout le monde sait que ce corps introduit dans le sang en détruirait immédiatement les propriétés essentielles : ce serait donc remplacer un mal par un autre plus grand encore. A côté du chlore, nous pouvons signaler comme jouissant de propriétés analogues, d'abord l'ozone, ou oxygène ozonisé, et enfin le brome.

Comment se produisent ces actions? Il y a une véritable destruction du curare, et l'on peut ainsi arrêter l'empoisonnement, en mettant sur la plaie une petite quantité de brome, celui de tous ces corps qui est le plus commode à employer. Chimiquement, le curare est détruit, et de plus il se produit sans doute une sorte de cautérisation, qui n'a, du reste, aucune espèce d'inconvénient. L'application du fer rouge provoquant également une cautérisation énergique, ferait aussi du bien, mais sans être aussi efficace ni aussi sûre que le brome, puisque le curare ne pourrait être détruit chimiquement par un moyen de ce genre.

Nous ne pouvons insister bien longtemps sur tous ces points, que nous retrouverons en parlant des antidotes du curare, et nous ne dirons plus qu'un seul mot relativement à l'iode.

Lorsqu'en injectant du curare sous la peau on y mêle une certaine quantité d'iode, l'absorption du poison est considérablement ralentie, et peut même ne pas se faire du tout. Quand on injecte, par exemple, 5 centigrammes de curare pur sous la peau d'un cochon d'Inde, cet animal succombe en moins de cinq minutes, car il y a là une quantité de poison très-considérable. Cependant, lorsqu'à cette dose toxique si exagérée, on ajoute un peu d'iode, l'animal n'est plus pris des symptômes de l'empoisonnement qu'au bout de deux heures et demie. C'est là un point très-important à noter, car retarder ou ralentir l'absorption d'un poison, c'est souvent empêcher son effet de se produire. L'iode qu'on introduit ainsi dans les tissus, en même temps que le curare, tanne en quelque sorte ces tissus, ce qui rend l'absorption infiniment plus difficile. C'est par un phénomène du même genre que M. Claude Bernard se serait expliqué l'action du sel sur les empoisonnements par le curare, si la réalité de cette action s'était vérifiée. L'empoisonnement se serait alors trouvé arrêté par une action physique, et en quelque sorte mécanique.

C'est encore une particularité du même genre qui explique pourquoi la solution alcoolique de curare est moins active que la solution aqueuse. L'alcool, en effet, agit sur les tissus pour les resserrer de telle sorte qu'ils se prêtent moins à l'absorption; d'un autre côté, le curare agit localement sur les nerfs vaso-moteurs, de manière à élargir les vaisseaux, comme nous l'avons déjà dit; or l'alcool peut combattre cette action, d'abord en desséchant les tissus, ce qui empêche la dilatation des vaisseaux de se produire aussi facilement, puis en agissant sur les nerfs eux-mêmes pour les rendre moins sensibles à l'action du poison.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ZOOLOGIE (1).

### COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

### IV.

### Histoire des classifications du règne animal : Aristote et Linné.

Pour bien définir la place occupée dans le règne animal par l'ensemble des êtres dont nous nous sommes proposé de faire l'étude (les zoophytes), il convient de donner un aperçu de l'histoire des classifications, et nous nous occuperons plus particulièrement de celles qui sont restées les plus célèbres.

Aristote divisait les animaux en deux groupes : Ζῶα ἄναιμα et Ζῶα ἔναιμα, c'est-à-dire : *animaux dépourvus de sang* et *animaux à sang*. Aristote ne manque pas de dire que tous les êtres animés renferment dans leurs tissus des liquides nourriciers; mais, avec une remarquable sagacité, il établit une différence bien nette entre le liquide nourricier des animaux supérieurs, qui est le vrai sang, et celui des animaux inférieurs. Il est même certain que si Aristote avait connu le microscope, il aurait dit d'une manière précise quelle était cette différence, fondée alors uniquement sur la coloration, et que nous savons aujourd'hui consister surtout dans la présence ou l'absence de globules dans les liquides de l'organisme.

La division d'Aristote correspond donc parfaitement à notre division actuelle du règne animal en deux sous-

(1) Voy. les nos 6, 9 et 15.

Digitized by Google

règnes : *Vertébrés* et *Invertébrés*. Toutes les fois qu'on exposera l'histoire d'un principe fondamental des connaissances humaines, que ce principe touche à la science de la pensée ou à celle de la nature, on en trouvera dans les écrits d'Aristote l'énoncé clair et précis, la démonstration méthodique et complète. Et comment s'en étonner, quand on songe à la méthode employée par le philosophe de Stagyre dans ses travaux de métaphysique et d'histoire naturelle, méthode d'observation et d'expérimentation, la seule qui ait jamais conduit à la connaissance du vrai. Aussi, comme chacun le sait, les doctrines d'Aristote régnèrent-elles sur les esprits pendant tout le cours du moyen âge. L'Église leur fut d'abord hostile, parce qu'elles avaient soulevé des hérésies; mais plus tard elle les laissa se répandre en toute liberté dans les écoles. Albert le Grand commenta toutes les œuvres d'Aristote; saint Thomas d'Aquin publia l'analyse des parties les plus obscures de ses écrits; et enfin le pape Urbain V et le cardinal Bessarion en donnèrent une traduction complète. Dès lors, il fallut partout croire aux doctrines d'Aristote et penser comme Aristote, sous peine d'être traité en véritable hérétique; si bien qu'en 1629, en plein règne de Louis XIII, un arrêt du parlement défendit, sous peine de mort, d'attaquer le système d'Aristote. Il ne fallut rien moins que le XVIIIe siècle pour faire cesser ce despotisme philosophique.

Quoi qu'il en soit, les naturalistes modernes suivent encore la division du règne animal en deux sous-règnes; seulement plusieurs d'entre eux ont donné à ces deux sous-règnes des noms différents, suivant le caractère zoologique particulier que chacun prenait pour caractère dominateur.

Ainsi, M. Ehrenberg divise les animaux en *Myelonora*, ou animaux dont le système nerveux a la forme de cordons médullaires, lesquels ne sont autres que les Vertébrés, et en *Ganglionora*, ou animaux dont le système nerveux ne se compose que d'une série de ganglions, lesquels correspondent aux Invertébrés.

M. Oken publia en 1821 une classification générale fondée sur des idées tout à fait spéculatives. Il divise les animaux en *Animaux charnus*, c'est-à-dire dans lesquels les organes de relation, qui ont pour type les muscles, sont les plus développés, et *Animaux intestinaux* ou *à viscères*, chez lesquels prédominent les organes de la vie végétative. Cette classification, qui repose du reste sur des vues étranges, conduit donc encore à nos deux sous-règnes des *Vertébrés* et des *Invertébrés*.

Disons aussi quelques mots d'une classification fondée sur des caractères embryogéniques, et proposée par M. Vogt (de Genève). Elle est tirée des rapports du *vitellus* ou jaune de l'œuf avec l'embryon. On sait que l'embryon se forme toujours aux dépens du vitellus; mais dans ce phénomène, il se présente deux cas : tantôt le vitellus se transforme entièrement en embryon, tantôt une partie seulement de cette substance sert à la formation de l'embryon (1). M. Vogt classe les animaux en deux groupes, d'après cette distinction. Mais cette classification n'est pas heureuse, car elle rapprocherait des animaux dont les autres caractères sont entièrement différents. Ainsi, chez les Oiseaux, une partie seulement du vitellus se transforme en embryon; et certains mollusques, les *Seiches* par exemple, sont dans le même cas.

En résumé, les essais que l'on a faits à diverses reprises pour remplacer la division en deux sous-règnes, Vertébrés et Invertébrés, — due à Lamarck, et confirmée par les travaux postérieurs de M. de Quatrefages, — tendent à apporter dans les classifications plus de confusion que de perfectionnement véritable. Nous nous en tiendrons donc à cette dernière division.

L'étude des classifications est et sera toujours nécessaire, aussi bien en zoologie que dans toutes les autres branches de l'histoire naturelle. Cependant, comme nous l'avons déjà remarqué, la zoologie de classification pure tend à disparaître de nos jours, et ses adeptes deviennent de plus en plus rares. Dans les sciences, comme partout, chaque chose a son temps, et réciproquement chaque époque a ses besoins particuliers. Le besoin de classer se faisait surtout sentir au siècle deriner, et justement apparut alors l'homme de génie qui devait être un législateur dans la science, et auquel on doit les premiers fondements de la classification naturelle. En effet, il ne fallait pas moins qu'un Linné pour mener à bonne fin le travail immense qu'il entreprit; mettre de l'ordre dans les collections, déjà riches à cette époque, former un corps de doctrine, créer un langage clair et précis : tel était le programme à remplir. Du reste, le siècle de Linné devait voir s'accomplir toutes sortes de réformes : c'était aussi le siècle de Voltaire et de Rousseau; et, pour ne citer que des naturalistes, c'était celui de Buffon, de Bernard de Jussieu, de Haller, de Réaumur, et de tant d'autres hommes de mérite. Mais si la réforme de Linné obtint, du vivant même de son auteur, le succès éclatant qu'elle méritait à tant d'égards, elle eut d'abord à lutter longtemps contre des critiques violentes. Haller appelait Linné le tyran des sciences naturelles; les autres savants de l'époque ne l'aimaient pas davantage, et ils ne ménageaient guère leurs expressions en parlant de lui. Aussi Linné ne fut pas heureux, surtout aux débuts de sa carrière scientifique.

Charles Linné naquit en 1707, la même année que Buffon, à Rœshult, petit village de la province de Smœland, en Suède. Il avait pour père un pauvre pasteur de campagne, qui aimait beaucoup les fleurs. Il fit ses premières études à Vexio, où il se rendait tous les jours, en cueillant des plantes sur son chemin. On dit que son maître d'école, Lanarius, donna à son père le conseil d'en faire un cordonnier, et l'on prétend même qu'il resta

(1) Il est bien entendu qu'il n'est ici nullement question d'une nutrition de l'embryon aux dépens du vitellus, mais d'une transformation immédiate.

Digitized by Google

quelque temps en apprentissage chez un savetier de son village. Mais il est certain qu'un médecin, ami de sa famille, reconnut ses dispositions, et le plaça, à Upsal, auprès de Rudbeck, professeur de botanique. Arrivé dans cette ville avec cent écus, il eut bien vite épuisé ces petites ressources, et fut obligé pour vivre de se faire copiste en dehors de ses heures d'études : il alla même, dit-on, jusqu'à raccommoder les souliers de ses camarades. Quoi qu'il en soit, le jeune Linné se fit bientôt remarquer par de rapides progrès en botanique, et son maître Rudbeck lui proposa de le suppléer dans sa chaire d'Upsal. Cette distinction lui valut dès lors la haine acharnée d'envieux de toute sorte, et en particulier celle d'un certain Rosen, qui avait aspiré à la chaire de Rudbeck. Il se battit même en duel avec Rosen, et à la suite de cette affaire quitta Upsal, chargé par la Société royale de cette ville de voyager en Laponie pour étudier la flore de cette contrée. Sa mission terminée, il était encore sans ressources : il alla en Hollande, après avoir été forcé de quitter Hambourg, où il avait démasqué la supercherie des frères Anderson, lesquels exploitaient la curiosité du public en montrant une prétendue hydre à sept têtes, qui aurait réalisé l'hydre de l'Apocalypse. Il étudia la médecine à Leyde, sous la direction du célèbre Boerhaave ; puis il passa trois années chez un riche amateur de botanique, Georges Clifford, dont il soignait les collections; c'est là qu'il écrivit ses premiers ouvrages, parmi lesquels nous citerons le célèbre *Systema naturæ* (Leyde, 1735).

Il voyagea ensuite en Angleterre, vint à Paris, où il fut reçu comme un prince de la science : il s'y lia étroitement avec Bernard de Jussieu, qu'il proclame le plus grand botaniste de son siècle. Bientôt après il revint en Suède, aux sollicitations du comte de Tessine, ambassadeur suédois, qui le fit nommer médecin du roi, et quelque temps après, il devint professeur à l'université d'Upsal : il occupa sa chaire pendant trente-sept ans, c'est-à-dire jusqu'à sa mort (1778).

Linné eut toute sa vie des ennemis acharnés et d'ardents admirateurs; mais ceux-ci, par leur ardeur même à le défendre, ne contribuèrent pas peu à lui susciter de nouvelles inimitiés. Il est bien certain cependant, que ses détracteurs étaient poussés par l'envie ; et, dans les discussions dont Linné fut l'objet, il y eut rarement de la bonne foi. Ainsi, un de ses plus violents critiques fut un jeune homme de seize ans, Emmanuel Haller, qui alla jusqu'à publier une correspondance intime et secrète du grand homme : il paraîtrait même qu'à cette nouvelle Linné fut frappé d'une attaque d'apoplexie, des suites de laquelle il mourut.

Un des plus beaux titres de gloire de Linné est sans contredit son nouveau système de nomenclature. Avant lui, il fallait toute une phrase latine pour désigner un animal ou une plante. C'est ainsi que pour nommer la plante connue aujourd'hui sous le nom de *grande Consoude*, on disait : *Symphytum consolida major flore luteo.* J. J. Rousseau avait déjà senti la nécessité d'une réforme à cet égard. On avait bien essayé de former des noms uniques, en agglutinant, pour ainsi dire, les racines des mots formant l'ancienne phrase latine; mais on était arrivé ainsi à créer les mots les plus barbares, comme : *hypophyllocarpodendron*, *monolasiocallenomonophyllorum*, etc.

Linné, ne conservant des anciens noms que ceux qui lui parurent les plus convenables, forma la nomenclature binaire encore usitée de nos jours : chaque être reçoit deux noms, — le premier indiquant le genre auquel il appartient, et le second donne l'espèce, — de même que toute personne porte deux noms, son nom de famille et son nom de baptême. De plus, Linné donna des préceptes admirablement coordonnés pour la formation des noms nouveaux. Il rejette les terminaisons en *que* et celles en *oïde*, qui, en indiquant la ressemblance de deux objets, indiquent aussi bien l'ignorance où l'on est touchant leur véritable nature. Il condamne encore tous les mots formés d'un même radical uni à des terminaisons différentes, comme chargeant la mémoire et embrouillant les catalogues. Avant lui, ces sortes de mots étaient fort en vogue, et l'on peut juger de leur commodité par l'exemple qui suit. On désignait diverses plantes de caractères voisins par les noms suivants : *Alsine*, *Alsinoïdes*, *Alsineta*, *Alsinastrum*, *Alsinastroïdes*, *Alsinastriformis*, *Alsinanthemos*, *Alsinanthemum*, etc.

La nomenclature de Linné, si simple et si méthodique, fut partout accueillie avec enthousiasme, si l'on excepte quelques critiques jaloux, comme Zimmermann, qui écrivait à ce propos :

« Linné a, dans le cours de peu d'années, brouillé toute la botanique, et il a élevé son propre système sur les ruines de ses prédécesseurs, en rejetant tout ce qui est étranger à ses propres préceptes ; il semble renvoyer tous les botanistes à l'école, afin de leur faire apprendre d'abord la signification des mots qu'il a créés, ainsi que les lois de son système. »

Linné fut encore admirable comme classificateur : on le cite toujours comme n'ayant créé que des classifications artificielles; mais il est bien certain qu'il ne se faisait pas illusion sur la valeur de ses systèmes; il ne les donne que comme des moyens commodes d'arriver au nom d'un animal ou d'une plante, et il a soin de dire qu'il cherche tous les jours à trouver la méthode naturelle. Quoi qu'il en soit, il mit dans les collections et les catalogues de son époque un ordre qui n'y avait jamais existé. Quand la méthode naturelle fut créée, il fallut évidemment modifier les groupements dus à Linné; mais plusieurs d'entre eux n'ont presque pas été changés.

Dans la classification que Linné a donnée pour le règne animal, les seuls caractères fondamentaux servant à former les grandes classes sont ceux que fournissent le cœur et le sang. Comme on le verra dans la suite, ces caractères n'étaient pas suffisants.

Nous donnons ci-après cette classification, en repro-

Digitized by Google

duisant le texte même du *Systema naturæ* (édit. de 1758) :

*Diversio naturalis Animalium ab interna structura indicatur.*

| | | |
|---|---|---|
| Cor biloculare biauritum, sanguine calido rubro... .. | Viviparis ..... | MAMMALIBUS. |
| | Oviparis..... | AVIBUS. |
| Cor uniloculare uni auritum, sanguine frigido rubro.... | Pulmone arbitrario. | AMPHIBIIS. |
| | Branchiis externis. | PISCIBUS. |
| Cor uniloculare in auritum, sanie frigida albida..... | Antennatis..... | INSECTIS. |
| | Tentaculatis..... | VERMIBUS. |

Entre les Amphibies et les Poissons, Linné plaçait son groupe des *Paradoxa*, ou animaux fabuleux, comprenant l'Hydre, la Licorne, le Basilic et le Dragon.

Les ouvrages purement descriptifs de Linné sont des chefs-d'œuvre. On voit que cet homme avait un coup d'œil étonnant pour aller droit aux caractères importants. Le style de ses descriptions est d'une concision remarquable; ses définitions, toujours simples, sont poétiques et empreintes d'une naïveté charmante. Sous ce rapport, comme sous bien d'autres, Linné était tout différent de Buffon, dont chacun connaît le style brillant et souvent emphatique. Beaucoup moins homme de science que Linné, Buffon n'a jamais été observateur; doué d'une grande imagination, il soutenait ses erreurs, ses idées préconçues, sans autres armes que sa verve intarissable. Aussi Buffon n'aimait pas Linné, et se refusait à admettre ses classifications. Il dit à ce propos, dans le tome Ier de son *Histoire naturelle* :

« Ne serait-il pas plus simple, plus naturel de dire qu'un âne est un âne, et un chat un chat, que de vouloir, sans savoir pourquoi, qu'un âne soit un cheval, et un chat un loup-cervier? »

Et autre part :

« Ne vaut-il pas mieux ranger..... les objets dans l'ordre, dans la position, où on les range ordinairement...., faire suivre le cheval, qui est solipède, par le chien qui est fissipède, et qui a coutume de le suivre ordinairement? »

Buffon ne semble mettre aucun ordre dans la suite de ses descriptions. Vers la fin, cependant, il sent la nécessité de classer. Avant l'histoire des oiseaux, il dit :

« Et puis, plus tard, au lieu de traiter les oiseaux un à un, c'est-à-dire par *espèces* distinctes et séparées, je réunirai plusieurs ensemble sous un même *genre*..... »

Linné était très-doux et avait un caractère des plus aimables; aussi s'est-il fort peu défendu contre les attaques de ses nombreux ennemis : il a dit de Buffon, qui s'était élevé avec tant d'insistance contre le succès de ses réformes, que cet écrivain ne servait la science qu'en la faisant aimer, sans en reculer les bornes. Ce jugement est peut-être trop sévère : il n'y a pas seulement dans les œuvres de Buffon des faits nombreux et des descriptions brillamment exposées; à côté de la magnificence du style, on y trouve une profondeur d'idées remarquable, de grandes conceptions philosophiques vraiment entraînantes, et c'est à ce point de vue qu'il faut juger Buffon comme naturaliste.

Il est certain que Linné et Buffon ne se sont pas compris; du reste, leurs caractères étaient aussi différents que leurs opinions. Tandis que Buffon affichait le plus grand orgueil, Linné se montra toujours très-modeste et très-bon. Linné n'en était pas moins parfois un peu malin, particulièrement dans la formation des nouveaux noms de plantes et d'animaux. Il dédiait la plupart des nouveaux genres et des nouvelles espèces à des hommes illustres de son temps, ce qui généralement est bien préférable au choix de tel ou tel caractère employé pour nommer un être. Du reste, Linné était très-heureux dans la création de ses mots. Il dédia une plante très-épineuse à un de ses plus ardents critiques, Pison, et forma ainsi le genre *Pisonia*. Il était, à une certaine époque, très-lié avec un prêtre suédois, appelé Browallius : il créa un genre *Browallia*. Ce prêtre était alors très-humble, et l'espèce de *Browallia* connue était une plante de faible élévation : Linné la nomma *Browallia demissa*. Plus tard, Browallius devint évêque et resta humble; une autre espèce de *Browallia*, à tige plus élevée, fut appelée *B. elata;* enfin, Browallius devint aigre et orgueilleux, et fut injuste envers Linné : celui-ci se vengea en donnant à une troisième espèce de *Browallia*, espèce caractérisée par de nombreuses épines, le nom de *Browallia alienata*. On a prétendu que Linné avait appelé *Bufonia* une plante dédiée à Buffon, faisant ainsi allusion à la signification du mot latin *Bufo* (Crapaud). Mais lui-même s'est défendu de toute allusion injurieuse, et le mot s'écrit en réalité *Buffonia*.

Après avoir exposé l'œuvre de Linné, il nous reste à étudier ce qu'elle devint après lui, et particulièrement entre les mains de Cuvier.

---

## BULLETIN DES COURS.

*Soirées scientifiques d'Auxerre :* M. PAUL BERT. — Parmi les conférences scientifiques d'Auxerre, on nous signale particulièrement celle de M. le docteur PAUL BERT, préparateur de M. Claude Bernard au Collége de France, qui s'est déjà fait connaître dans le monde savant par plusieurs travaux originaux, et notamment par ses ingénieuses expériences sur la greffe animale. En moins de deux heures, M. Bert a su exposer d'une manière claire et intéressante les points les plus importants de la physiologie générale et de la physiologie spéciale de l'homme. Voici deux passages de cette conférence :

C'est une grande erreur, et malheureusement encore enracinée aujourd'hui dans beaucoup d'esprits, que de considérer les corps vivants comme le siége de réactions spéciales, et d'une chimie dite vivante. D'une manière plus générale, c'est une erreur de considérer la vie comme un agent mystérieux, capricieux, défiant les règles et l'expérience. Les phénomènes vitaux sont aussi nettement déterminés que ceux de la matière brute, accessibles comme eux à l'expérience, réductibles comme eux en formules, en lois. Dans les corps vivants se passent des actes qui dépendent d'abord des lois générales de la matière, et le physiologiste doit tenir de celles-ci le plus grand compte. Un être vivant qui tombe obéit à la pesanteur comme tous les corps bruts, et il est évident que le sang qui revient des pieds vers le cœur doit vaincre, entre autres obstacles, la gravitation qui tend à l'entraîner en bas. Lorsque nous dilatons notre poitrine par une inspiration, l'air s'y précipite absolument comme dans un soufflet suivant une loi physique bien

Digitized by Google

connue. Les réactions chimiques se passent dans le corps comme hors du corps; si l'on injecte dans une veine de l'amygdaline, dans une autre de l'émulsine, ces deux principes se rencontrant dans le sang, il se forme de l'acide prussique qui foudroie l'animal : la chose se passe dans l'organisme comme dans le verre d'un chimiste. Toutes les manifestations de la vie, en un mot, s'opèrent suivant les lois physico-chimiques de la matière. Mais ce qui caractérise la vie, c'est d'être l'excitant de ces phénomènes physico-chimiques. Le corps est le verre du chimiste, mais la vie est le chimiste même, qui prépare les conditions des phénomènes et les force ainsi à s'exécuter. Nous devons donc, dans l'analyse des propriétés de la matière organisée, distinguer des propriétés qui lui sont communes avec la matière brute, et des propriétés qui lui sont particulières, et dont les premières sont, pour ainsi dire, les ministres, c'est-à-dire des propriétés vitales. . . . . .

Les éléments sont les citoyens du corps, de la république organisée, vivante. Ces citoyens ont des propriétés, des droits, des propriétés qui leur sont communes à tous, et d'autres qui sont spéciales à quelques-uns d'entre eux. Ils ne vivent pas isolés, mais réunis les uns aux autres en sociétés. Tantôt ces sociétés ne comprennent que des citoyens tous semblables; ce sont des corporations, des systèmes, comme le système musculaire, le système nerveux. Tantôt elles comprennent des citoyens différents les uns des autres, et concourent toutes à un but, à une œuvre déterminée : tels sont les *organes* comparables aux villes.

Enfin le sang, comparable aux ressources de l'agriculture et de l'industrie, nourrit les éléments comme elles nourrissent les citoyens, et il circule dans ses canaux, sous la force impulsive du cœur, comme elles circulent sur les grandes routes, poussées par le commerce.

Ainsi sont établies les conditions de la vie pour les organes comme pour les sociétés.

Mais ce n'est pas tout; ces sociétés ne sont pas isolées les unes des autres; elles ne concentrent pas leur activité en elles-mêmes, elles la manifestent au dehors. De plus, elles obéissent aux lois de l'État dont elles font partie; elles sont dirigées, surveillées, protégées par un gouvernement. Ce gouvernement, messieurs, c'est le système nerveux.

Elles ne pourraient, sans lui, constituer un tout harmonique; sans elles il ne pourrait exister. Ce sont elles, ce sont les citoyens, les éléments qui le nourrissent. Chacun d'eux, agissant dans sa sphère, prépare des matériaux que le sang emporte, et avec lequel il nourrit le système nerveux. S'ils cessaient tous de travailler, le gouvernement mourrait bientôt d'inanition, et eux aussi. C'est ce qui arrive à la fin, quand l'organisme meurt.

Permettez-moi de poursuivre jusqu'au bout cette comparaison; elle nous servira à éclairer bien des points obscurs.

Il y a des gouvernements locaux, agissant dans une circonscription déterminée. On les appelle, dans l'organisme, ganglions, moelle épinière. Ils sont en rapport avec les villes et les citoyens, les organes et les éléments, par des fils télégraphiques, des nerfs, qui les avertissent de ce qui se passe, qui transmettent leurs ordres. Pour toutes les questions dont l'intérêt ne dépasse pas les bornes de leur circonscription, ils jugent en dernier ressort. Pour les autres, ils entrent en communication les uns avec les autres, se consultent, agissent en commun. Pour les plus grandes, enfin, celles dont l'intérêt embrasse le pays tout entier, ils ont recours au gouvernement central. Celui-ci réside dans la tête; c'est une partie de ce qu'on appelle l'encéphale.

Là sont les ministères, les organes centralisateurs, régulateurs, qui envoient des ordres à l'empire tout entier, à toute la machine vivante; nous verrons tout à l'heure quels ils sont.

Au-dessus d'eux plane la volonté, l'intelligence, le chef de l'État. Quand il commande, tout obéit. C'est lui surtout qui veille aux relations extérieures. S'il est intelligent, énergique, s'il utilise bien les forces du pays, le pays est glorieux; et, de même, si l'intelligence emploie heureusement les forces vives de l'organisme, l'être vivant exécute normalement ses fonctions, il est applaudi dans ses actes.

Mais il n'a pas besoin de s'occuper du détail des questions intérieures. Que deviendrait un chef d'État s'il lui fallait s'occuper de la charrue de chaque citoyen? Que deviendrait l'intelligence s'il lui fallait s'occuper de la digestion, de la nutrition, de l'excrétion, etc.? Tout cela se fait sans elle. Les ministères, les gouvernements locaux, s'en chargent; le mécanisme, l'automate est si bien monté, que tous ces détails de pot-au-feu s'exécutent sans qu'il s'en occupe et lui laissent sa liberté. Lui aussi, ce chef de l'État, réside dans la tête, dans un organe spécial, le cerveau proprement dit.

A ses ordres ou à ceux de ses ministères, tout obéit, avons-nous dit. Les lois commandent au commerce : c'est le système nerveux, en effet, qui règle les battements du cœur, les accélère ou les arrête; c'est lui qui dilate les vaisseaux dans lesquels circule le sang, ou qui les rétrécit. C'est lui qui anime les organes digestifs, qui veille aux mouvements de la respiration, qui est l'incitant des sécrétions, le régulateur de la chaleur animale.

Les gouvernements locaux de l'organisme reçoivent leurs avis tous par la même voie : c'est le toucher général, le toucher de la peau qui les avertit. Mais le gouvernement général a d'autres ressources : il a, si je puis ainsi dire, une police spéciale, supérieure, admirablement organisée. Cette police, ce sont les sens, la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût, qui l'avertissent de tout ce qui se passe de près ou au loin, et qui lui permettent de veiller au salut du pays tout entier.

Le chef de l'État, le cerveau, n'est point directement impressionné par cette police; ce n'est pas lui qui reçoit les nerfs qui viennent des organes des sens. L'homme et les singes font exception. M. Gratiolet a montré en effet que chez eux le nerf optique tire en partie son origine du cerveau lui-même. L'intelligence est donc alors directement impressionnée par les incitations venues de la lumière; aussi, dans son beau langage, mon savant et bien cher maître a nommé ces animaux les *animaux-lumière*.

J'ai poussé bien loin cette comparaison : vous allez voir combien cela va nous être utile. Je n'ai pas tout dit, tant s'en faut. Ainsi, dans l'état ordinaire des choses, l'intelligence ne sent pas les mouvements intimes de la nutrition; mais qu'un phénomène anormal se présente, la douleur l'avertit, le chef de l'État s'occupe de cette rébellion; il commande, et tout s'ébranle pour conjurer le mal ou pour l'étouffer et rejeter la partie malade, le citoyen rebelle.

---

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE (SECOND SEMESTRE).

*Pharmacie.* — M. Le Canu, professeur. Mardi, jeudi et samedi, à neuf heures et demie.

*Botanique* (taxinomie et botanique descriptive). — M. Chatin, professeur. Mardi, jeudi et samedi, à deux heures. Ce cours est publié *in extenso* dans la *Revue*.

*Chimie organique.* — M. Berthelot, professeur. Mardi, jeudi et samedi, à trois heures.

*Histoire naturelle des médicaments* (minéraux). — M. Guibourt, professeur. Lundi, mercredi et vendredi, à onze heures.

*Toxicologie.* — M. Gaultier de Claubry, professeur. Lundi, mercredi et vendredi, à quatre heures.

*Travaux pratiques* (1re et 3e année). — M. le docteur Bouis, agrégé. Lundi, mercredi et vendredi, à midi.

*Travaux pratiques* (2e année). — M. Buignet, professeur. Lundi, mercredi et vendredi, à midi.

---

M. le docteur Jules Falret commencera le mardi 25 avril, à quatre heures, un cours public sur les *maladies mentales*, dans l'amphithéâtre n° 1 de l'École pratique, et le continuera les samedis et mardis suivants, à la même heure.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 22. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 29 AVRIL 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, | 15 fr. | Départ., | 18 fr. | Étranger, | 20 fr. |
| Un an..... | — | 26 | — | 30 | — | 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences. — Sociétés savantes.**

FACULTÉ DES SCIENCES. — **Géologie.** — Cours de M. **Hébert** : Discours d'ouverture : De l'importance et des progrès de la géologie.

COLLÈGE DE FRANCE. — **Chimie.** — Cours de M. **Berthelot** : VI. Histoire des éthers.

COLLÈGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de M. **Claude Bernard** : XXI et XXII. De la curarine et de l'accoutumance au curare.

Paris, 28 avril 1865.

M. H. Sainte-Claire Deville a présenté lundi dernier, à l'Académie des sciences, un travail de M. Debray, sur les *composés du tungstène;* M. de Quatrefages, un mémoire de M. Lacaze-Duthiers sur *les sexes chez les alcyonaires*; M. Daubré, l'observation d'un bolide faite à Metz par un professeur de l'École d'application, et M. Élie de Beaumont, un travail de M. Sicart, sur le principe vénéneux des champignons.

M. Pasteur a présenté en même temps deux communications, l'une de M. Violette, professeur à la Faculté des sciences de Lille, l'autre de M. Gernez, professeur au lycée de Dijon, et toutes deux relatives au même objet : l'explication de la cristallisation subite des dissolutions salines sursaturées et notamment des dissolutions de sulfate de soude. Ces savants se sont inspirés l'un et l'autre des expériences de M. Pasteur, relatives aux générations spontanées, et ils arrivent d'ailleurs tous deux aux mêmes résultats. Mais M. Violette avait déjà publié ses principales expériences en août 1860, dans les *Annales de la Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, et en mars 1863 dans la *Revue des sociétés savantes*.

Ces expériences semblent établir que ce qui provoque la cristallisation subite des dissolutions sursaturées de sulfate de soude, c'est un corps solide, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, et perdant sa propriété quand on le chauffe à 34 degrés au-dessus de zéro; il a donc les principales propriétés du sulfate de soude, et l'on trouve en effet qu'un cristal de sulfate de soude, projeté dans la liqueur sursaturée, la fait aussitôt prendre en masse. Ce corps paraît donc bien être le sulfate de soude lui-même. Pour provoquer la cristallisation, dit M. Violette, il suffit de mettre en contact avec la liqueur sursaturée un cristal identique avec celui que donne cette liqueur elle-même; peu importe du reste que ce cristal soit apporté par l'air ou par des corps étrangers, ou même qu'il naisse dans l'intérieur de la liqueur sous l'influence d'agents convenables. Pour le sulfate de soude il y a deux causes de cristallisation subite : 1° abaissement de la température à 8 degrés au-dessous de zéro; 2° action d'un cristal (étranger) de sulfate de soude. Pour le sulfate de magnésie, qui est actuellement l'objet de ses expériences, M. Violette n'a encore constaté l'influence que de la seconde de ces deux causes. Les autres dissolutions salines sursaturées sont en ce moment à l'étude, et l'on ne peut dire encore si les choses se passent pour elles comme pour le sulfate de soude. M. Violette termine sa note en exprimant l'espérance de trouver dans les dissolutions sursaturées un réactif bien plus sensible encore que l'analyse spectrale et très-propre à déceler dans l'air la présence de certaines espèces minérales.

Les délégués des sociétés savantes des départements se sont réunis la semaine dernière à la Sorbonne, et il a été lu de nombreux mémoires. Nous ne pouvons citer que les plus importants.



Digitized by Google

M. Faivre, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, a exposé les résultats d'un travail relatif aux fonctions du *suc blanc* chez les mûriers.

Ce suc blanc, d'une consistance visqueuse, existe toujours chez les mûriers pendant l'hiver; comme le *latex*, il se compose d'un *sérum*, au milieu duquel se trouvent des parties solides. Au-dessus des incisions annulaires faites sur les tiges de mûrier par M. Faivre, ces tiges deviennent incapables de se prêter à la reprise des boutures qu'on y implante; l'extrémité des tiges a donc perdu sa vitalité, grâce à l'incision annulaire pratiquée sur son pourtour, et par laquelle s'écoule le suc blanc. Au printemps, les incisions annulaires fournissent un suc blanc beaucoup plus aqueux qu'il ne l'était en hiver, ce qui tient au mouvement de la séve ascendante qui vient se mêler au suc blanc. Cette séve ascendante trouve donc toute préparée dans l'intérieur de la tige une véritable provision de suc blanc.

Si l'on pratique une incision annulaire sur la racine en été, par exemple au mois de juin, comme l'a fait M. Faivre, on peut constater au mois d'octobre que la partie de cette racine inférieure à l'incision ne développe plus de chevelu et a perdu ses propriétés vitales. L'automne serait donc le printemps des racines, et c'est à cette saison qu'elles feraient leur évolution, de même que les tiges la font au printemps.

Dans les arbres à feuilles persistantes, comme le *Ficus elastica*, l'incision donne lieu à deux bourrelets, l'un au-dessus et l'autre au-dessous de l'incision; c'est là une preuve de l'existence d'un double courant des fluides nourriciers de la plante, l'un ascendant, qui vient gonfler la lèvre inférieure de la plaie, l'autre descendant, qui gonfle la lèvre supérieure. Au contraire, chez les arbres à feuilles caduques, comme le mûrier, il ne se forme de bourrelet qu'à la lèvre supérieure de la plaie.

M. Ollier (de Lyon) a exposé un cas remarquable de reproduction complète d'un os par le périoste à la suite d'une opération chirurgicale, sur une jeune fille âgée de quinze ans et demi. M. Ollier avait dû enlever à cette jeune fille la moitié supérieure de l'humérus, c'est-à-dire une longueur de 12 centimètres environ, y compris la tête de l'os; mais il avait eu soin dans cette opération délicate, dont il a décrit la marche, de conserver intacts le périoste, les tendons et les cartilages; aujourd'hui, l'humérus s'est reproduit, sauf un raccourcissement de quelques millimètres dans la longueur de l'os, et en admettant même que la *tête* ne se soit pas reformée complétement,—ce qu'on ne peut pas vérifier pendant la vie de la jeune fille, — toujours est-il qu'il existe un renflement osseux en présentant extérieurement l'apparence et en remplissant les fonctions, car le bras peut déjà exécuter des mouvements notables, tandis qu'avant l'opération il était complétement immobile. Pour qu'un os puisse se reproduire dans des circonstances de ce genre, il faut conserver trois choses : 1° le périoste, qui prêtera un nouvel os; 2° la capsule articulaire, condition de mobilité; 3° les tendons, condition de mouvement. La régénération des os s'explique plus aisément et s'effectue certainement avec bien plus de facilité pendant la période de croissance, c'est-à dire jusqu'à trente ans environ; et M. Ollier fait remarquer lui-même qu'il se trouvait dans cette circonstance favorable; il est vrai, d'un autre côté, que son sujet était scrofuleux. Quand on a dépassé la période de croissance, on peut faciliter la reproduction de l'os par une irritation convenable, telle que celle qui se produit naturellement dans une blessure.

M. Lamy, professeur à la Faculté de Lille, a présenté les résultats de travaux récents qu'il vient de faire sur les phosphates de thallium. M. Lamy a constaté qu'il existait plusieurs phosphates de thallium, et non pas un seul, et de plus que, contrairement à l'assertion d'un chimiste anglais, M. Croust, ils étaient tous très-solubles dans l'eau, sauf un qui l'est un peu moins.

Un médecin de Montpellier a présenté les résultats d'un certain nombre d'analyses et de dosages des gaz du sang, spécialement de l'oxygène. On sait que lorsqu'une glande est en fonction, le sang, au lieu d'y devenir noir, en sort presque aussi rouge qu'il y était entré. En se servant de cette propriété intéressante, l'auteur de ce travail a essayé de déterminer le moment dans lequel fonctionnent les glandes de l'organisme, et pour ce qui concerne la rate en particulier, il a trouvé que l'activité de cette glande alternait avec celle de l'estomac.

ÉMILE ALGLAVE.

---

## FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

## GÉOLOGIE.

### COURS DE M. HÉBERT.

### Leçon d'ouverture.

SOMMAIRE. — Objet de la géologie. — Opinion qu'on se fait de cette science. — Caractères de la vérité; vérités mathématiques et vérités physiques. — Sciences expérimentales, sciences d'observation. — Rôle de ces dernières. — Géologie et astronomie. — Causes de la venue tardive de la géologie. — État de la géologie en 1806, en 1822. — État actuel. — Importance et fécondité des idées qu'elle soulève. — Leur salutaire influence. — Nécessité de leur faire place dans l'enseignement secondaire.

Messieurs,

La science que je suis chargé de vous enseigner a pour objet de reconstituer l'histoire du globe que nous habitons, depuis son origine jusqu'à nos jours, d'après les traces qu'ont laissées à la surface de la terre les événements dont elle a été le théâtre. Ce but est exprimé par le mot même de *géologie*.

Nous faisons comme les archéologues, qui, partout, avec une ardeur qu'on ne saurait trop louer, cherchent, à l'aide des vestiges que l'on rencontre çà et là sous les terres de nos champs, ou sous la poussière des déserts, à reconstituer les civilisations passées.

Digitized by Google

Notre domaine est beaucoup plus ancien ; les événements que nous faisons revivre, remontent, dans la série des temps, à des époques dont la durée ne saurait s'exprimer ni par années, ni par siècles, sans cependant que l'existence de ces longues périodes puisse être mise en doute.

Ces événements se dévoileront à vos yeux avec une évidence parfaite. Ils nous conduiront sans obscurité jusqu'à l'arrivée de l'homme sur la terre, c'est-à-dire jusqu'au domaine de l'*archéologie*; mais là, à ce point de contact, la science est encore imparfaite, et la conquête des vérités qui nous touchent de si près semble ne devoir être le prix que des efforts les plus énergiques et les plus soutenus. Aussi cette période, la plus rapprochée de nous, est-elle de beaucoup la plus obscure, et celle qui prête le plus à de nombreuses illusions.

Le plus sûr moyen de se garantir de ces illusions, c'est de se préparer à ces difficiles investigations par une sérieuse étude des périodes anciennes, qui, seules, peuvent donner à l'observateur une méthode rationnelle.

La géologie devient donc le préliminaire indispensable de l'archéologie, comme aussi elle projette souvent des lumières inattendues sur la géographie, et par suite sur l'histoire.

A ces divers titres, vous le voyez, cette science mérite au plus haut degré votre bienveillante attention.

Cependant elle n'a point encore conquis cette influence universelle, ce respect incontesté dont jouissent notamment la chimie, la physique ou les mathématiques.

Ce manque de confiance se manifeste de temps à autre, surtout lorsqu'on annonce des découvertes qui feraient remonter l'existence de l'homme à une époque plus ancienne que celle que l'on était habitué à admettre. Ce n'est pas le moment de vous dire notre opinion sur ce sujet; mais vous comprendrez très-bien qu'en raison de la gravité de ces sortes de conclusions, la géologie soit de nature à soulever bien des objections.

Les uns la considèrent comme dangereuse, et, sans se donner la peine de l'étudier, s'érigent en juges de ce qu'il faut croire ou rejeter. D'autres, qui ne la comprennent pas davantage, s'en servent comme d'une arme de guerre dans un but complétement opposé. D'autres, enfin, la jugeant uniquement par les discussions dont elle est la cause, par la guerre que se sont faite des géologues éminents, mais un peu trop entraînés par des vues théoriques, et la comparant aux autres sciences dont les progrès rapides ne sont plus entravés par cet esprit de système; ignorant ou oubliant le nombre immense de faits qui servent de base à un corps de doctrines aussi logiques que positives, n'ont pour les conclusions de cette science que dédain et raillerie.

Malheureusement cette défiance semble avoir pénétré jusque dans le monde savant lui-même. N'avez-vous pas, en effet, entendu un célèbre chimiste vous dire, après avoir énuméré quelques-unes des questions qu'aborde la géologie : « Ne craignez pas que je vienne ici avec la » prétention de résoudre l'un quelconque de ces graves » sujets ; mais à côté, il est une question dont je puis » vous entretenir, parce qu'elle est *accessible à l'expé-* » *rience.* »

Un autre, un zoologiste éminent, n'a-t-il pas déclaré que « les conclusions des géologues sont étagées sur des » considérations *qui échappent à l'expérience.* »

Je prends ces paroles pour ce qu'elles sont, c'est-à-dire comme l'expression loyale et sincère de la pensée de savants que j'estime et que j'aime; mais je ne puis m'empêcher d'y voir une restriction peu favorable à la confiance à laquelle nous croyons avoir droit. On nous reproche, on constate, si vous l'aimez mieux, que nous ne nous appuyons pas sur l'expérience.

A la rigueur, cela est vrai, car la géologie est une science d'observation, et non une science expérimentale. Mais la certitude basée sur l'observation est-elle donc moindre que celle que fournit l'expérience? Et cette remarque n'aurait-elle pas dû être faite, si l'on voulait éviter toute méprise nuisible à la science dont nous devons défendre les intérêts?

Nos conclusions, celles que nous présentons à tous comme l'expression de la vérité, sont rigoureusement déduites d'une multitude de faits bien observés, et non pas *étagées sur des considérations* que vous ne qualifiez pas, mais qui, évoquant le souvenir du passé, font naître dans l'esprit du lecteur l'idée de vaines hypothèses.

En face de cette incertitude de l'opinion publique, et, ne craignons pas de le répéter, de cette défiance à l'égard des conclusions que pose la géologie ; en raison même de l'importance que prennent ces conclusions, à mesure que les progrès de la science nous permettent d'attaquer des questions d'une plus haute gravité, notre premier devoir, messieurs, n'est-il pas de fixer fortement votre attention sur les principes qui nous guident, sur la méthode même par laquelle nous arrivons à la connaissance de la vérité?

*La vérité!* c'est en effet ce que vous venez chercher ici. La vérité sur l'ensemble de faits le plus grandiose que l'on puisse concevoir; ce ne sont point des conjectures plus ou moins probables qui pourraient vous satisfaire, il faut que vous puissiez sortir d'ici profondément convaincus.

Il ne s'agit plus, comme du temps de Cuvier, de vous séduire par le charme de la parole, ou de vous éblouir par l'éclat des conceptions; heureusement pour moi, les rôles sont changés, la science a fait de si grands pas, que la vérité nue surpasse de beaucoup en grandeur et en magnificence tout ce qu'avait pu imaginer ce puissant génie. Mon rôle est celui d'un simple traducteur, qui ne

Digitized by Google

doit ni altérer les textes, ni substituer ses propres interprétations à la pensée de l'auteur.

L'ouvrage à traduire, c'est le grand livre de la nature; nous le déchiffrerons ensemble à l'aide de caractères qui y sont gravés en traits ineffaçables, et dont le sens ne comporte aucune obscurité.

Ainsi, d'une part, vous faire toucher au doigt la certitude, vous faire reconnaître les fondations inébranlables sur lesquelles notre science est solidement assise, et de l'autre, détacher les voiles brillants et trompeurs qui nous cachent l'inanité des hypothèses et des théories systématiques, tel sera le double but vers lequel tous mes efforts seront constamment tendus. Dieu veuille que mes forces ne soient pas trop au-dessous de cette noble tâche.

Buffon, dans son introduction à la *Théorie de la terre*, recherche quels sont les caractères de la vérité. Il distingue dans les sciences deux sortes de vérités : les vérités mathématiques et les vérités physiques. « Les pre» mières, dit-il, sont des vérités de définitions, que nous » faisons nous-mêmes, et que nous combinons de toutes » les façons... Ce corps de combinaisons constitue la » science mathématique. Il n'y a dans cette science que » ce que nous y avons mis... Les vérités physiques, au » contraire, ne dépendent point de nous...; elles ne sont » appuyées que sur des faits.

» On va de définitions en définitions dans les sciences » abstraites ; on marche d'observations en observations, » dans les sciences réelles. Dans les premières, on arrive » à l'*évidence;* dans les dernières, à la *certitude*. Le mot de » *vérité* comprend l'une et l'autre. »

Il n'est pas besoin de vous faire remarquer que la vérité, en géologie, se rapportant à des objets indépendants de nous, ne peut appartenir qu'aux vérités physiques.

« Examinons donc, ajoute Buffon, ce que nous pou» vons savoir de science évidente ou certaine; après » quoi nous verrons ce que nous ne pouvons connaître » que par conjecture, et enfin ce que nous devons » ignorer. »

Ainsi trois parts dans toute science physique :

Ce qui est certain ;
Ce qui est probable ;
Ce qui est inconnu.

Notre devoir c'est de bien limiter ces trois domaines.

Depuis Buffon, les sciences physiques se sont divisées en deux groupes : les sciences *expérimentales*, et les sciences d'*observation*.

Les premières ont promptement acquis un caractère de certitude incontestable. Les vérités de cet ordre sont établies sur des expériences que chacun peut varier et contrôler. Si des conséquences erronées surgissent, elles sont bientôt détruites par des travaux de laboratoire faciles à exécuter. Aussi la chimie et la physique ont-elles fait successivement de tels progrès, que le monde en est de plus en plus émerveillé.

Mais remarquez-le bien, messieurs, toutes ces grandes découvertes modernes ne nous satisfont pas encore.

« Les sciences mathématiques », c'est encore Buffon qui le dit, « auraient été perpétuellement de pure spé» culation, de simple curiosité et d'entière inutilité, si » l'on n'avait pas trouvé le moyen de les associer aux » vérités physiques », et surtout à l'explication des grands phénomènes de la nature, c'est-à-dire aux sciences d'observation. C'est ainsi que la plus belle application du calcul est celle que Newton en a faite au système du monde.

La vapeur, l'électricité et toutes leurs merveilles ne nous font point sortir du monde matériel. Le bien-être de l'homme s'en est accru considérablement, mais aucune de ces découvertes ne plonge notre pensée dans ces abîmes, où nous entraînent ces lois de l'attraction des corps, de leur mouvement dans l'espace, ou bien encore ces révélations si étranges de l'apparition successive des êtres vivants à la surface de la terre. C'est qu'ici, loin de se sentir puissant et irrésistible, comme lorsqu'il dompte et maîtrise les forces les plus violentes de la nature, l'homme s'arrête devant une puissance supérieure, devant un mécanisme grandiose dont il n'est lui-même qu'un faible rouage. Il peut en étudier isolément toutes les pièces, en admirer l'harmonie inimitable, saisir, jusqu'à un certain point, la transmission des mouvements, et il est fier de son intelligne qui lui permet de comprendre le jeu d'un organisme aussi compliqué et aussi admirable, et il se dit avec un juste orgueil : « Moi seul, au milieu de tout ce système qui se développe et se meut suivant des lois déterminées, moi seul, j'ai la conscience de ce développement, de ce mouvement, de ces lois; je suis donc le roi de ce monde. »

Mais l'ouvrier qui a élaboré toutes ces parties, qui les a ajustées, qui a imprimé à la machine son premier mouvement, qui l'a pourvue d'un moteur, non-seulement inaltérable, mais qui se répare et s'entretient lui-même, quelle est donc sa puissance?

C'est ainsi que les sciences d'observation nous conduisent de degré en degré jusqu'au seuil de l'infini. Elles nous montrent de loin la vérité absolue, qu'il nous est impossible d'atteindre et de saisir, cette *cause première* dont certains effets généraux ont pu être entrevus par quelques êtres privilégiés, comme Newton, mais qui, par elle-même, est et sera toujours en dehors de notre atteinte scientifique; devant elle notre esprit s'incline, convaincu par les effets de sa toute-puissance.

C'est là, messieurs, le point vers lequel tend sans cesse l'humanité avec une force irrésistible : elle veut s'approcher de plus en plus de ce mystère impénétrable; elle veut savoir d'où vient ce monde, d'où vient cette terre, d'où nous venons nous-mêmes. Les découvertes que la science fait dans cette voie sont, plus que toutes

Digitized by Google

les autres, de nature à élever l'âme humaine. Elles nous révèlent le véritable but vers lequel doivent tendre toutes nos facultés. Elles se présentent donc à nous comme le dernier degré de perfectionnement des connaissances humaines, comme la voie principale par laquelle notre pensée peut pénétrer jusqu'aux limites de ce qu'il nous est permis d'atteindre.

Si la longue série des siècles passés n'était pas là pour nous instruire, peut-être me serait-il difficile de vous convaincre que, pour s'élever à de pareils résultats dans le domaine de la pensée, c'est aux objets matériels qui nous entourent qu'il faut s'adresser, que ce sont nos mains et nos yeux qui doivent nous éclairer, plutôt que cette partie de nous-mêmes qui en est la plus noble, plutôt que notre esprit. Mais vous ne le savez que trop, messieurs, l'esprit humain, tant qu'il a voulu trouver en lui-même, exclusivement dans ses propres forces, l'explication du monde extérieur, n'a enfanté que des erreurs. D'humiliation en humiliation, il lui a fallu avouer son impuissance, et s'effacer devant l'*observation*.

Deux sortes d'objets se présentent à l'observation quand on veut étudier le monde extérieur: le globe que nous habitons, et sur lequel nos investigations sont immédiates, et les autres parties du système du monde pour lesquelles les moyens d'étude seront nécessairement tout autres.

De là deux sciences : la *géologie* et l'*astronomie*.

Il semblerait, au premier aperçu, que la géologie, dont les matériaux sont sous la main, aurait dû se développer d'abord. Il n'en est rien, cependant, et vous le comprendrez aisément.

Quoique science d'observation, l'astronomie, dans la plus grande partie de son domaine, est, pour ainsi dire, une science mathématique. On y fait presque complétement abstraction des qualités physiques des corps que l'on considère. C'est ainsi qu'on s'occupe fort peu de la nature des planètes; et leur distance relative est si grande, qu'on a pu les considérer comme des points, auxquels le calcul a été appliqué avec le plus grand succès. Ajoutez à cela la conception physique de l'attraction, et Newton peut rendre compte des mouvements des corps célestes. Mais demandez aux astronomes ce que sont chacun de ces corps, ce qu'ils contiennent, ce qu'est le soleil lui-même, alors à peine y a-t-il quelque hypothèse qui ne soit pas exclusivement personnelle à son auteur.

Les notions sur la constitution du soleil paraissent faire en ce moment des progrès réels; et, chose remarquable, ces notions rapprochent d'une manière singulière l'état actuel du soleil de l'état de la terre avant l'existence de la vie à sa surface.

La géologie, qui avait à rendre compte de phénomènes aussi variés que complexes, avait besoin à la fois du perfectionnement des sciences mathématiques, et du perfectionnement des autres sciences physiques, la minéralogie, la chimie, la physique, la botanique, la zoologie, l'anatomie comparée, etc., avant de pouvoir aborder les grandes questions qu'elle résout aujourd'hui.

Prenons pour exemples quelques-unes de ces questions. Notre globe a été jadis dans un état de fluidité ignée complète; aujourd'hui, fluide encore à l'intérieur dans une grande partie de sa masse, il n'est recouvert que d'une très-mince enveloppe solide. Or, la connaissance de la forme de la terre, sphéroïde de révolution, aplatie aux pôles, de l'accroissement de température en descendant de l'extérieur à l'intérieur, sont des éléments importants de la démonstration de cette vérité, qui s'appuie ainsi sur l'astronomie et la physique.

En second lieu, cette enveloppe solide, que nous appelons l'*écorce terrestre*, ne s'est pas faite d'un seul coup. Elle se compose de parties distinctes, formées chacune à une époque différente, et ces époques sont déterminées par des *médailles* particulières qui portent, avec elles leur date, et qui se trouvent fixées à chacune de ces parties.

Ainsi, le sol de l'Amérique du Nord, depuis l'océan Pacifique jusqu'à l'Atlantique, présente une série de couches superposées de nature différente. Chacune de ces assises se reconnaît, d'abord à sa nature minéralogique : ce sont des schistes, ou des grès, ou des calcaires, ou de la houille; puis à des objets particuliers qu'elle renferme. Ce sont ces objets que je compare à des médailles.

Ces médailles ne sont autre chose que des débris d'animaux ou de végétaux. Tant que la zoologie et la botanique sont restées dans l'enfance, ces débris, ces *fossiles*, comme on les appelle, ont vivement frappé l'imagination, mais on n'en a tiré que des conséquences presque uniquement hypothétiques, et le plus souvent absurdes. Avec le perfectionnement de ces deux sciences, est venue la notion des espèces éteintes; on a reconnu que les couches inférieures renfermaient des espèces différentes de celles des couches supérieures. Tantôt ces différences sont partielles, comme dans les différents lits de calcaire grossier ou pierre à bâtir: ici, en effet, quelques espèces s'arrêtent dans les lits inférieurs; d'autres passent dans les lits supérieurs, où elles s'associent avec des espèces nouvelles. Tantôt ces différences sont complètes : ainsi, au-dessous du calcaire grossier, se trouve la masse crayeuse qu'on exploite à Meudon. Or, toutes les espèces de la craie disparaissent à la fois, et aucune ne se rencontre dans le calcaire grossier. Ces groupes de fossiles qui caractérisent les masses minérales sont appelés les *faunes*. Ainsi est venue la notion de la succession des faunes, des longues périodes qui donnent à cette terre une ancienneté qu'on ne soupçonnait pas.

L'anatomie comparée, surtout, était nécessaire pour qu'on pût se faire une idée de l'organisation des principaux représentants de ces faunes anciennes.

Digitized by Google

Or, vous le savez, l'anatomie comparée date de Cuvier, c'est-à-dire de soixante ans.

Voilà, messieurs, l'explication de la venue tardive de la géologie.

Voulez-vous maintenant savoir où en était la géologie, il y a moins de soixante ans? Un témoin de la plus haute et de la plus incontestable autorité va vous le dire.

Le 11 août 1806, Georges Cuvier, notre grand naturaliste, faisant à l'Académie des sciences un rapport sur un système de géologie récemment imaginé, disait que le nombre de ces systèmes s'élevait alors à plus de quatre-vingts; que les auteurs, hommes d'esprit, pleins de science et de bonne foi, s'attaquaient mutuellement, sans qu'aucun d'eux pût savoir si lui-même était dans le vrai, et cependant, parmi ces inventeurs de systèmes, il y avait des hommes comme Leibnitz et Buffon.

« On vit, dit-il, renaître la méthode systématique de » Descartes, que Newton semblait avoir bannie pour » jamais de toutes les sciences physiques. »

Chacun partait d'un principe imaginé d'avance, et employait toutes les forces de son esprit à y soumettre tant bien que mal les quelques faits qui lui étaient connus.

Avec sa haute raison, Cuvier s'écrie : « Peut-on ima» giner un but plus chimérique que de chercher les » causes de faits qu'on ne connaît pas ! »

Pour donner une idée de cette ignorance, il cite une récente déclaration des ingénieurs de l'État, qui ne pouvaient évaluer les frais d'une conduite souterraine nécessaire en vue d'un remplacement de la machine de Marly, parce qu'ils ignoraient la nature du terrain. A cette occasion, il trace un programme des questions à résoudre avant que la géologie puisse aborder le grand problème des causes qui ont amené notre globe à son état actuel.

On remarque parmi ces questions, les suivantes :

A. Y a-t-il quelque chose de constant dans la succession des couches ?

B. Établir la succession des fossiles. Déterminer les espèces qui paraissent les premières; celles qui ne viennent qu'après; savoir si ces deux sortes d'espèces ne s'accompagnent jamais, s'il y a des alternatives dans leur retour.

C. Comparer les espèces fossiles aux vivantes.

D. Déterminer s'il y a un rapport entre l'ancienneté des couches et la ressemblance ou la non-ressemblance des fossiles avec les êtres vivants, etc.

E. Suivre les différentes couches en détail dans toute leur étendue, quels que soient leurs replis, leurs inclinaisons, leur rupture, etc.; pour déterminer s'il y a quelque rapport entre le plus ou moins de constance dans leur horizontalité et leur ancienneté, etc.

Cuvier déclare qu'il n'est pas un de ces points sur lequel on n'ait rien d'absolument certain.

Dans son rapport sur les progrès des sciences, présenté à Napoléon Ier, le 6 février 1808, il reste dans les mêmes termes.

Cela veut-il dire que la vérité n'avait pas fait un pas jusqu'à cette époque, qu'il n'y avait dans l'esprit des géologues que ténèbres et confusion. Non, sans doute; mais les lueurs qui avaient jailli de divers points de l'horizon s'étaient successivement éteintes dans une obscurité profonde, et le jour ne s'était point fait.

N'est-il pas cependant de notre devoir, messieurs, de rechercher dans le passé ceux à qui la vérité s'est révélée, bien que d'une manière trop incomplète pour leur donner créance sur leurs contemporains.

Les noms de ces modestes précurseurs sont trop souvent oubliés; leurs utiles travaux sont trop souvent absorbés par leurs heureux successeurs; c'est à la postérité à leur rendre la justice qu'ils n'ont pu obtenir pendant leur vie. C'est un devoir auquel nous ne faillirons pas à l'occasion. En établissant chacun des principes fondamentaux de notre science, nous aurons soin de vous montrer à qui nous en sommes principalement redevables.

Vous venez de voir qu'en 1808, il n'y avait qu'incertitude et confusion dans la science de la terre. En 1822, les choses ont tellement changé de face, la méthode de démonstration est devenue si sûre, que ceux qui la mettent en œuvre, sans idée préconçue, arrivent à des résultats vraiment inespérés.

Alexandre Brongniart, l'auteur principal de cette méthode, celui de tous qui sait l'appliquer avec le plus de sûreté, se transporte dans les Alpes, et, au milieu de ces montagnes, regardées comme l'une des plus anciennes parties de l'écorce terrestre, il reconnaît que des couches, redressées et soulevées à 3000 mètres au-dessus du niveau de la mer, ont été formées dans le sein de l'Océan, en même temps que celles si récentes des environs de Paris. Que de conséquences à tirer de cette découverte !

Presque simultanément, C. Prévost nous apprend que le sol des environs de Vienne a été déposé par la mer à une époque encore plus récente, etc., etc.

Aussi a-t-on pu dire sans exagération que « jamais, en » aussi peu de temps, aucune science ne mit au jour un » si grand nombre de vérités nouvelles et imprévues, » et ne renversa autant de préjugés ».

Depuis quarante ans, le rôle de la science, en multipliant les faits, a été de les coordonner, d'en tirer toutes les conséquences secondaires qui ont permis d'en suivre avec détail l'enchaînement; en un mot, de faire un édifice homogène de pierres détachées, et numérotées, il est vrai, mais séparées par des lacunes que le temps s'est chargé de combler les unes après les autres.

C'est aujourd'hui surtout que nous sommes vraiment en possession d'une *histoire réelle de la terre.* C'est maintenant surtout que nous arrivons, par une connaissance plus exacte des événements, de leur dépendance mutuelle, de l'enchaînement de toutes les par-

Digitized by Google

ties de ce vaste ensemble, à cette notion d'une harmonie providentielle qui ressort de toutes nos études.

A peine cette lumière, qui nous inonde aujourd'hui, avait-elle jeté ses premières lueurs, que, dans cette Sorbonne, un professeur éminent, dans une leçon sur Buffon, s'écriait en parlant des étonnants progrès de la géologie :

« O magnificence de la nature et de la vérité, plus » merveilleuse que tous les systèmes! Avec quelles pa- » roles Buffon n'eût-il pas décrit cette histoire réelle du » monde ! »

En lisant Buffon et Cuvier, M. Villemain est tellement frappé de la grandeur de ces sortes de matières, qu'il ajoute :

« Buffon est le créateur de cette éloquence descriptive » qui doit succéder à l'épuisement des grands sujets re- » ligieux, moraux et politiques. »

Ainsi, messieurs, ce n'est pas nous qui essayons, par une aveugle prédilection pour nos études habituelles, d'ouvrir cette nouvelle perspective à ceux qui se plaisent aux méditations élevées, aux natures d'élite qui sauraient y puiser les ressources de la véritable éloquence; c'est l'homme qui, en France, est le plus autorisé en cette matière.

Et n'est-ce pas en effet une progression naturelle? Le monde extérieur n'offre-t-il pas à l'admiration de l'homme plus de merveilles que l'imagination la plus féconde?

Reportez-vous un instant à cette brillante époque de la restauration : c'était le temps où le *Discours sur les révolutions du globe*, de G. Cuvier, produisait partout une si vive impression; c'était le temps où nos chaires publiques ouvraient ainsi à la pensée humaine des champs d'exploration si vastes et si riches. Que de promesses il y avait là pour l'avenir ; comme il semblait que la jeunesse française allait être entraînée dans une voie de progrès incomparable! Avant peu, les générations nouvelles allaient être mises en possession de ces grandes vérités si propres à élever l'âme : l'existence de ces longues périodes, pendant lesquelles la vie s'est manifestée sous des formes aussi variées, pendant lesquelles les forces naturelles ont donné naissance à tous les produits nécessaires au développement de la civilisation humaine; l'enchaînement de tous ces phénomènes que la science nous permet d'apprécier chaque jour de plus en plus; le plan que cet ordre révèle; toutes choses que le géologue peut voir et comprendre par les seules forces de sa raison, et qui pourraient être exposées à la jeunesse avec la plus grande clarté et sans nulle difficulté sérieuse, qui pourraient être livrées à ses méditations avec le plus grand fruit.

Franchissez maintenant d'un bond l'espace qui nous sépare de cette époque où s'agitaient de si hautes considérations, n'est-il pas triste d'être obligé de constater que trente-sept années n'ont pas suffi pour introduire ces grandes vérités dans notre enseignement public; que ces phénomènes naturels, que cette grande histoire du passé, qui excitaient si fort l'admiration de M. Villemain, sont aujourd'hui encore à peu près complétement inconnus à la jeunesse de nos lycées; que les générations nouvelles continuent à vivre dans cette ignorance, ne recevant quelque lumière, souvent trompeuse, que par des publications extra-scientifiques; que les corps savants, dont les fonctions ont la géologie pour base essentielle, comme les mines ou le génie civil, ne commencent à soupçonner l'existence de cette science qu'après la sortie de l'École polytechnique, et par un enseignement qui se trouve ainsi beaucoup trop restreint et tout à fait insuffisant; que le génie militaire est encore moins favorisé, bien que, partout où vont nos armées, il se trouve seul responsable d'une foule d'opérations pour lesquelles les connaissances géologiques sont indispensables; que nos jeunes professeurs d'humanités sont, malgré eux, hors d'état de faire discerner à leurs élèves le vrai du faux dans les nombreux écrits de l'antiquité qui traitent de ces matières : Lucrèce, Ovide ou Virgile, etc.?

Est-il nécessaire de continuer cette douloureuse énumération? La géologie, en France, est, pour ainsi dire, restée une science d'*initiés*.

Du moment qu'elle ne figure pas d'une manière tant soit peu sérieuse dans l'enseignement secondaire, il ne peut pas en être autrement. La jeunesse a besoin et a hâte de se créer une position par le travail. La médecine, le droit, l'industrie, le commerce ou l'administration, voilà ce qui la saisit et l'absorbe à la sortie du lycée. Quand donc aurait-elle le temps de s'occuper de ces matières?

Je me trompe, ce temps existe; la facilité et la rapidité des communications ont créé une habitude éminemment salutaire qui tend à devenir générale. Les voyages sont devenus le moyen le plus sûr de conserver sa santé et de retremper les forces de son esprit. Combien leur utilité et leur agrément seraient accrus si le voyageur avait la clef de cette nature dont l'extérieur lui paraît si beau! Mais, hélas! les yeux sont ouverts, et l'intelligence ne l'est pas.

Vous le savez, messieurs, à un petit nombre d'exceptions près, lesquelles, pour la plupart, tiennent au hasard, ce n'est que quand une vie de labeur continu a pu conduire enfin à un repos bien mérité, que les esprits d'élite reviennent à ces hautes méditations.

Il y a donc, dans notre enseignement général, une lacune fâcheuse. La Harpe a dit qu'il fallait n'y faire entrer que ce qui est utile à tout le monde. La notion des grandes vérités qui découlent de l'étude du monde extérieur pourrait-elle être mise de côté comme inutile ou trop spéciale?

Cette étude n'est-elle pas un besoin de notre nature? Voyez le jeune enfant; entendez ses questions multipliées sur tout ce qui frappe ses regards. L'observation est innée en lui, c'est la faculté la plus précieuse que Dieu lui ait donnée. Cultivez-la donc, non pas aux dépens

Digitized by Google

des autres, mais par un exercice modéré et non interrompu. Ne la laissez point s'atrophier ou s'étouffer sous le développement excessif de la mémoire ou du raisonnement. Ne nous rendez pas des êtres indifférents ou sceptiques à la place de ces natures si ouvertes et si curieuses.

Buffon dit que « l'histoire naturelle doit être présentée » aux enfants à l'époque où la raison commence à se » développer; dans cet âge où ils pourraient commencer » à croire qu'ils savent déjà beaucoup. Rien n'est plus » capable de rabaisser leur amour-propre, et de leur » faire sentir combien il y a de choses qu'ils ignorent; » et, indépendamment de ce premier effet, qui ne peut » qu'être utile, une étude, même légère, de l'histoire » naturelle, élèvera leurs idées. »

Ce n'est pas un danger imaginaire que celui que signale Buffon; tenir pendant de longues années, pendant la seule partie de la vie qui soit, pour la plupart de nous, consacrée à la culture de l'esprit, la jeunesse exclusivement appliquée aux lettres et aux arts, aux sciences mathématiques et expérimentales, c'est la vouer exclusivement au culte des œuvres humaines. Un pareil système d'enseignement est éminemment propre, sans doute, à donner à l'homme une haute idée de sa puissance, de sa grandeur; mais qui ne sent les dangers de cette admiration?

L'étude du monde extérieur nous remet à notre place. Elle nous montre une puissance auprès de laquelle l'homme n'est plus rien: grand par lui-même, par ses facultés, par son action sur la nature, par ses idées sociales et morales, l'homme est obligé de reconnaître qu'il est nouveau sur cette terre, que son époque a eu un commencement; qu'elle a été précédée d'un grand nombre d'autres, pendant lesquelles la nature présentait les mêmes caractères de grandeur et d'harmonie, et auxquelles il est étranger, si ce n'est par l'influence qu'ont eue les périodes anciennes sur l'état actuel de la terre. N'est-ce point là, parmi toutes les preuves de la grandeur humaine, celle qui prime toutes les autres, mais qui ne saurait inspirer à l'homme aucun orgueil, que de pouvoir ainsi s'élever jusqu'à l'intelligence des œuvres de la puissance créatrice; de pouvoir assister, pour ainsi dire, à tous les détails de la création?

Permettez-moi, messieurs, en terminant, de vous dire que, si j'ai exprimé des regrets dans les réflexions qui précèdent, au sujet de notre enseignement public en ce qui concerne l'histoire naturelle, on aurait grand tort d'y voir des critiques. Peut-être même, dans la lacune que je déplore, les géologues sont-ils les premiers et les principaux coupables; mais il était de mon devoir d'appeler l'attention sur un point si important. Et d'où cet appel pouvait-il descendre, sinon de cette chaire, qui a surtout pour objet l'exposition des principes généraux de la science de la terre?

Ce n'est pas sur mon influence personnelle, sur la puissance de mes paroles que je compte, c'est sur vous, messieurs: il faut qu'un public convaincu se forme; il faut que de ce public partent incessamment des voix, dont l'action répétée aura une tout autre influence que celle d'un homme absorbé par son labeur quotidien. Que chacun de vous me soit donc en aide pour cette œuvre de propagande.

C'est sur ces bancs que j'ai pris, il y a trente ans, sous l'impulsion du savant éminent auquel j'ai eu l'honneur de succéder, le goût de cette science qui, depuis longtemps, est devenue la principale occupation de ma vie.

Si je puis avoir, à mon tour, assez d'influence pour diriger dans la même voie quelques esprits amis du vrai et du beau, ce sera pour moi, croyez-le bien, la plus douce récompense que je puisse ambitionner.

Ed. Hébert.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

### VI.

### Histoire des éthers (suite et fin).

#### DÉDOUBLEMENTS. — FORMULES. — PRÉPARATION.

Les analyses de MM. Dumas et Boullay prouvaient que les éthers composés résultent de la combinaison des acides anhydres, non pas avec l'alcool, comme on l'avait admis jusque-là, mais avec un corps ayant la composition de l'éther ordinaire; ainsi l'éther acétique devenait :

$$C^8H^8O^4 = C^4H^3O^3, C^4H^5O.$$

Une composition analogue appartient aux éthers oxalique, nitreux et benzoïque.

La détermination des densités de vapeur venait confirmer cette composition, en s'appuyant sur la loi de Gay-Lussac. Il reste cependant une dernière vérification : opérer le dédoublement des éthers et déterminer le rapport qui existe entre l'alcool et l'acide.

Ces nouvelles expériences furent exécutées par MM. Dumas et Boullay de diverses manières, suivant la nature de l'éther.

Prenons d'abord l'éther nitreux :

$$AzO^3, C^4H^5O = C^4H^5AzO^4.$$

Il y a dans l'acide un élément caractéristique, l'azote, et dans l'alcool un élément qui lui appartient exclusivement, le carbone; il suffit donc ici de déterminer le rapport de l'azote au carbone. On y parvient en dosant l'azote à l'état de gaz et le carbone à l'état d'acide car-

(1) Voy. les nos 4, 6, 10, 15 et 19.

Digitized by Google

bonique. On trouve ainsi que pour 8 volumes d'acide carbonique formé, il y a 2 volumes d'azote :

$$C^4O^8 = 8 \text{ vol.}$$
$$Az = 2 \text{ vol.}$$

En d'autres termes, sur 100 volumes de gaz recueilli sous la cloche à mercure, il y a 80 volumes d'acide carbonique et 20 volumes d'azote.

Mais ce genre d'épreuves, extrêmement simple assurément, n'est pas applicable aux autres éthers. Soit en effet l'éther oxalique : dans ce composé l'acide et l'alcool renferment tous deux du carbone et de l'hydrogène. Il faut donc isoler en nature chacun de ces deux composants, acide et alcool. On y parvient par l'action des alcalis hydratés. MM. Dumas et Boullay introduisirent 3 grammes environ d'éther oxalique, dans une expérience, puis 7 grammes une autre fois dans une petite cornue, contenant un excès de potasse caustique. Chauffant le tout, ils recueillirent dans un récipient refroidi le produit distillé. Ce liquide contenait tout l'alcool engendré par de l'éther, dissout dans un excès d'eau, et il était facile de connaître la quantité de l'alcool en déterminant la densité du liquide hydro-alcoolique, puis en faisant usage des tables établies par Gay-Lussac.

Pour doser l'acide oxalique, il suffit de reprendre par l'eau le résidu resté dans la cornue, lequel est un mélange d'oxalate de potasse et de potasse excédante ; on sature le tout par l'acide acétique, et l'on précipite par le chlorure de calcium ; on recueille sur un filtre le précipité d'oxalate de chaux; enfin on le calcine dans une petite capsule de platine : le poids de la chaux obtenue donne le poids de l'acide oxalique cherché.

Cette expérience conduisit aux résultats suivants :

$$100 \text{ gram. d'éther oxalique} \begin{cases} 49 \text{ gram. d'acide oxalique } (C^2O^3); \\ 62^{gr},18 \text{ d'alcool.} \end{cases}$$

La somme de l'acide anhydre et de l'alcool est supérieure à 100, preuve évidente qu'il y a fixation d'eau lorsque l'éther se dédouble en ses deux groupements générateurs. Sur quel corps peut avoir lieu cette fixation d'eau? L'oxalate de potasse $C^2O^3,KO$ étant anhydre et ne contenant pas d'hydrogène, il est évident que l'eau a dû se porter sur la matière organique qui était unie à l'acide dans l'éther oxalique, pour régénérer l'alcool.

Théoriquement 100 parties d'éther oxalique donnent :

$$49,3 \text{ d'acide oxalique } (C^2O^3);$$
$$62,9 \text{ d'alcool.}$$

Il est en effet facile de voir que ces nombres correspondent à la formule :

$$C^2O^3,C^4H^5O.$$

En définitive, comme résultats des expériences qui précèdent, les éthers composés pouvaient être représentés :

1° Par les éléments de l'acide anhydre, combinés à ceux de l'alcool déshydraté;

2° Par les éléments de l'acide hydraté, combinés au groupement $C^4H^4$.

Ces relations s'appliquent aux éthers acides aussi bien qu'aux éthers neutres, aux éthers formés par les hydracides, aussi bien qu'aux éthers formés par les oxacides. Par exemple, l'alcool ordinaire étant $C^4H^6O^2$, on a :

$$\text{Éther chlorhydrique. . .} \quad C^4H^6O^2 + HCl - H^2O^2 = C^4H^5Cl.$$

En résumé, un litre de vapeur d'alcool en se combinant à un litre d'acide chlorhydrique donne un litre d'éther et un litre de vapeur d'eau. Mêmes relations avec les éthers acétique et nitreux :

$$C^4H^6O^2 + C^4H^4O^4 - H^2O^2 = C^8H^8O^4.$$
$$C^4H^6O^2 + AzO^3HO - H^2O^2 = C^4H^5AzO^4.$$

Au contraire, l'éther oxalique occupe seulement la moitié du volume gazeux occupé par l'alcool générateur.

$$2C^4H^6O^2 + C^4O^6,H^2O^2 = C^{12}H^{10}O^8 + 2H^2O^2.$$

Dans cette formule, l'équivalent de l'acide oxalique répond à 4 volumes, comme celui de l'éther; mais 8 volumes d'alcool concourent à la formation de ce dernier. En d'autres termes, 2 litres de vapeur d'alcool, plus un litre de vapeur d'acide oxalique, donnent un litre de vapeur d'éther oxalique et 2 litres de vapeur d'eau. Ce qui fait la différence entre l'acide oxalique et les acides acétique ou chlorhydrique, c'est que les derniers sont monobasiques, tandis que l'acide oxalique est bibasique.

Telles sont les relations générales qui découlent des recherches précédentes et qui dominent toute la théorie des éthers.

Le fait caractéristique et fondamental qui en ressort c'est la déshydratation qui a lieu au moment de la combinaison. On peut la mettre en évidence de plusieurs manières, et par des expériences sensibles.

Un premier moyen très-simple consiste à mêler l'acide acétique avec l'alcool amylique à équivalents égaux : au bout de quelques mois il se dépose de l'eau au fond du flacon : en même temps il s'est formé une quantité correspondante d'éther amylacétique.

On peut mettre encore cette séparation d'eau en évidence, en mêlant de l'acide acétique avec de l'alcool absolu; abandonnant le tout pendant quelques années, pour que la combinaison s'opère. On peut l'opérer en quelques heures, en chauffant le mélange à 200 degrés dans des tubes scellés. Quand elle est accomplie, on traite le tout par de la benzine qui dissout tous les liquides, à l'exception de l'eau qui a pu se former. On peut même exécuter l'expérience de façon à doser approximativement la quantité d'eau produite, en se rappelant toutefois que les deux tiers seulement du mélange s'éthérifient. On mêle donc un équivalent d'alcool, soit :

57 centimètres cubes 1/2.

Avec un équivalent d'acide acétique concentré, représenté sensiblement aussi par :

57 centimètres cubes 1/2.

Théoriquement, si la combinaison était complète, il devrait se séparer 2 équivalents d'eau, soit :

18 centimètres cubes.

Digitized by Google

Mais, comme vous le voyez, on obtient seulement 12 centimètres cubes, c'est-à-dire les deux tiers, ce qui répond à la proportion d'éther réellement formé. L'éthérification ne peut pas aller plus loin dans un pareil système, parce que l'eau qui se produit tend à exercer une réaction inverse, et à décomposer l'éther acétique.

Arrivons maintenant aux divers systèmes de formules qui ont été successivement proposés pour représenter les résultats qui précèdent; mais auparavant, indiquons, en quelques mots, le sens que l'on doit attacher aux formules et aux signes en chimie.

La constitution des éthers se trouve exprimée par cette relation générale, qu'un éther résulte de la combinaison d'un acide et d'un alcool avec élimination d'eau; c'est là la seule relation positive, parce que c'est la seule que l'expérience sanctionne directement. Elle indique non-seulement le mode de formation de ces composés, mais leur mode de décomposition. La plupart de leurs propriétés physiques et chimiques essentielles, telles que la densité de vapeur, l'équivalent, la densité sous forme liquide, la chaleur spécifique, le point d'ébullition, etc., peuvent être rattachées à cette même relation. Mais elle ne nous montre nullement comment les atomes de carbone, d'hydrogène, sont groupés entre eux. Quelques chimistes cependant ont cru qu'il était possible de représenter cette constitution intime en se basant sur l'emploi de signes, de formules rationnelles, mais cette opinion, entendue dans un sens absolu, paraît aujourd'hui abandonnée. On emploie toujours des arrangements de signes, mais ces arrangements sont regardés par les meilleurs esprits comme purement symboliques. Gerhardt lui-même, dans le quatrième volume de sa *Chimie organique*, indique expressément qu'il prend le mot *radical* dans le sens de rapport et non dans celui de groupement réel d'atomes.

En effet, ce n'est pas par l'emploi plus ou moins ingénieux des signes actuels, lesquels répondent essentiellement à des phénomènes statiques, que l'on arrivera à exprimer la constitution réelle des éthers. La question est plus difficile. Tout ce que l'on peut faire dans l'état actuel de la science, c'est de ne pas perdre de vue la relation générale en vertu de laquelle se forment les éthers.

Pour aller plus loin, il faudrait faire entrer en ligne de compte les changements relatifs aux mouvements dont sont douées les particules matérielles; ce problème résolu, il y aurait encore un pas à faire : déterminer les positions relatives qu'occupent dans l'espace les éléments de la molécule organique, et c'est alors seulement que la vraie constitution des éthers serait connue, c'est-à-dire que l'on pourrait prévoir et calculer leurs propriétés, en connaissant celles des éléments qui les constituent.

Au delà se trouvent d'autres problèmes non moins essentiels pour la connaissance positive de la constitution des corps : ce sont ceux qui concernent la nature réelle des corps appelés simples, et celle de l'atome chimique. Ce sont là des questions réservées à l'avenir. Sans en parler davantage, revenons à la signification des signes et des formules actuellement usités pour représenter les éthers.

Ces signes, ces formules ne sont pas en réalité des théories, ce sont des langages. Il y a là une distinction fondamentale, quoique souvent méconnue, entre le fond et la forme de la science, entre les lois véritables et les langages multiples par lesquels on peut les exprimer. Il en est des formules comme des définitions : celles-ci sont libres, mais elles ne peuvent changer en rien la nature des choses. On peut de même adopter telle ou telle formule, pourvu qu'elle exprime les faits mis en évidence par expérience. Condillac avait dit : une science est une langue bien faite; et cette opinion, prépondérante dans la philosophie du siècle dernier, joue encore un grand rôle en chimie. Mais elle repose, à mon avis, sur une notion inexacte du caractère véritable des sciences expérimentales.

En physique, en chimie, les réalités s'imposent à nous par leur existence propre. Elles ne sont pas la conséquence de nos signes et de nos langages, et elles ne peuvent en être modifiées. Les mêmes vérités, c'est-à-dire les mêmes faits et les mêmes relations entre ces faits, peuvent être énoncées dans diverses langues : en français, en anglais, en allemand, en arabe, par exemple. Elles seront plus ou moins clairement exprimées dans telle ou telle langue, mais le fond n'en sera pas moins identique et indépendant du langage employé. Exprimer une loi générale en français, dans des termes différents de ceux dans lesquels elle est exprimée en allemand, ce n'est pas faire une découverte ou constituer une théorie.

Eh bien ! il en est de même des langages et des notations chimiques. Quoi qu'on en dise, les notations ne changent rien au fond des choses. La science positive consiste dans un certain ensemble de relations déterminées entre les phénomènes. Toute notation est bonne, dès qu'elle exprime les faits et leurs relations, avec clarté et simplicité; on pourra dès lors adopter indifféremment tel ou tel système, pourvu qu'il soit conséquent avec lui-même et qu'il exprime les faits et les lois révélés par l'expérience.

Des huit ou dix systèmes de notation adoptés par les chimistes actuellement en chimie organique, il n'y en a pas qui diffèrent essentiellement, parce qu'ils expriment les mêmes faits et les mêmes lois d'une façon plus ou moins ingénieuse et qu'aucun d'eux ne peut avoir la prétention d'indiquer la véritable constitution des corps.

Entrons dans des détails plus circonstanciés.

Plusieurs systèmes ont été proposés jusqu'ici pour représenter les éthers; je vais vous en indiquer quatre, savoir : 1° celui de M. Dumas; 2° celui de Berzelius et Liebig; 3° celui de Gerhardt; 4° enfin un nouveau système que j'ai moi-même proposé récemment :

1° Soit l'éther acétique :

$$C^4H^6O^2 + C^4H^4O^4 - H^2O^2.$$

M. Dumas admit que l'eau était enlevée entièrement à

Digitized by Google

l'alcool, et il compara les éthers aux sels ammoniacaux :

Acétate d'ammoniaque..... $C^4H^4O^4,AzH^3$.
Ether acétique..... $C^4H^4O^5,C^4H^4$.

L'hydrogène bicarboné joue ici le rôle d'un alcali doué d'une capacité de saturation égale à celle de l'ammoniaque.

2° Berzelius admit, conformément aux idées électrochimiques, que l'eau provenait à la fois et de l'acide et de l'alcool, d'où résultait pour la formule de l'éther précédent :

$$C^4H^3O^3,C^4H^5O.$$

Ce qui répond à la théorie de l'oxyde d'ammonium :

$$C^4H^3O^3,(AzH^4)O.$$

c'est-à-dire que les éthers deviennent de véritables sels : l'éther acétique est l'analogue de l'acétate de potasse :

$$C^4H^3O^3(C^4H^5)O.$$
$$C^4H^3O^3,\ K\ O.$$

Dans cette théorie, le potassium, l'éthyle, $C^4H^5$, et le groupement $AzH^4$, jouent un rôle analogue.

Les deux systèmes qui précèdent sont plus ou moins commodes, et l'on peut les employer sans inconvénient, dès qu'on les considère seulement comme des formes abrégées de l'équation génératrice des éthers. Observons du reste que des trois groupements :

$$C^4H^4,$$
$$C^4H^5O,$$
$$C^4H^6O^2,$$

c'est le dernier qui prend le plus facilement naissance lors de la destruction des éthers, ce qui indique qu'il ne faut jamais perdre de vue dans les explications l'alcool générateur lui-même.

3° Aujourd'hui, les deux systèmes qui précèdent sont à peu près abandonnés. On adopte de préférence le système de notation typique dont l'origine première paraît remonter à M. Dumas lui-même. Laurent donna à cette idée plus de précision, à la suite de ses travaux sur les phénomènes de substitution qu'il avait étudiés dans les carbures d'hydrogène ; mais c'est Gerhardt surtout qui a généralisé ces notions.

On rapporte les corps sur lesquels on raisonne à certaines combinaisons minérales bien définies, telles que l'eau, l'hydrogène, l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque.

L'eau est le type des alcools, des éthers composés, des acides oxygénés, etc. En équivalents, elle a pour formule :

$$H^2O^2 (O = 8).$$
D'après Gerhardt, $H^2O$ $(O = 16)$.

Lorsqu'on fait réagir sur l'eau du potassium, on peut remplacer successivement les 2 équivalents d'hydrogène par ce métal pour obtenir, dans le premier cas, de l'hydrate de potasse ; dans le second, de l'oxyde de potassium :

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O^2. \qquad \left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O^2. \qquad \left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}O^2.$$

Eau. Hydrate de potasse. Oxyde de potassium.

Ce système s'applique aux composés de la chimie organique avec une grande simplicité : il suffit de mettre de côté deux équivalents d'oxygène et un équivalent d'hydrogène, le reste des éléments constituant un radical qui peut jouer un rôle analogue à celui de l'hydrogène :

Alcool... $C^4H^6O^2 = \left\{\begin{matrix}C^4H^5\\H\end{matrix}\right\}O^2$; ou bien $\left\{\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$ (Gerhardt).

Dans une semblable notation, l'acide acétique devient :

$$\left.\begin{matrix}C^4H^3O^2\\H\end{matrix}\right\}O^2;\ \text{ou bien}\left\{\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O.$$

et dès lors, l'éther acétique :

$$\left.\begin{matrix}C^4H^3O^2\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^2;\ \text{ou bien}\left\{\begin{matrix}C^2H^3O\\C^2H^5\end{matrix}\right\}O.$$

C'est de l'eau dans laquelle les 2 équivalents d'hydrogène sont remplacés, l'un par l'éthyle, l'autre par l'acétyle.

Cette notation ne pouvant pas s'appliquer aux éthers à hydracides qui ne renferment pas d'oxygène, on rapporte ces corps au type acide chlorhydrique $\left\{\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$ ; on a :

Ether chlorhydrique... $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\Cl\end{matrix}\right\}$; ou bien $\left\{\begin{matrix}C^2H^5\\Cl\end{matrix}\right\}$.

L'éther chlorhydrique est de l'acide chlorhydrique dans lequel l'hydrogène est remplacé par l'éthyle.

Ce qui précède s'applique aux alcools et aux acides monoatomiques, ainsi qu'à leurs éthers. Or, il y a des acides qui se combinent à 2 équivalents de base, ou d'alcool ; l'acide sulfurique, par exemple. Un tel acide équivaut à 2 molécules intimement unies d'un acide monobasique, définition générale que j'ai proposée pour tous les corps polyatomiques, et d'où l'on peut déduire leurs propriétés et leurs réactions fondamentales. Dans le cas actuel, on peut dire que l'acide sulfurique et en général tous les acides bibasiques dérivent de 2 molécules d'eau :

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O^2 \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O^2 = \left\{\begin{matrix}H^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^4;\ \text{acide sulfurique :}\left\{\begin{matrix}H\\S^2O^4\\H\end{matrix}\right\}O^4.$$

Ou bien avec Gerhardt ($S = 32; O = 16$) :

$$\left.\begin{matrix}H\\S^2O^2\\H\end{matrix}\right\}O^2.$$

On a aussi :

Acide éthylsulfurique .. ..... $\left\{\begin{matrix}H\\S^2O^4\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^4$.

Ether sulfurique neutre..... $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\S^2O^4\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^4$.

Semblablement, avec l'acide oxalique, on a :

Ether acide..... $\left\{\begin{matrix}H\\C^2O^4\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^4$.

Ether neutre.... ..... $\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\C^2O^4\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^4$.

Ces formules sont très-élégantes, mais elles présentent deux inconvénients : premièrement, elles obligent de rapporter les éthers à deux types différents, savoir l'eau et l'acide chlorhydrique, suivant qu'ils dérivent des hydracides ou des oxacides ; or, tous les éthers se forment

Digitized by Google

d'après une seule équation génératrice fondamentale. En second lieu, ce qui est plus grave, elles admettent l'existence de groupements fictifs, dont les formules représentatives sont les mêmes que celles de certains corps réels, lesquels d'ailleurs n'ont aucun rapport nécessaire, soit avec l'acide, soit avec l'alcool. A côté des radicaux véritables, tels que l'hydrogène, le potassium, etc., on voit apparaître les radicaux fictifs éthyle, sulfuryle, acétyle. Aux formules de ces radicaux répondent des composés réels, mais doués de propriétés toutes différentes, et qui ne sauraient être envisagés comme les générateurs des corps représentés par les radicaux. On introduit ainsi dans les idées une multitude de signes dont la valeur purement conventionnelle tend perpétuellement à se confondre, quoi qu'on fasse, avec les signes des corps réels, et tend à détourner l'esprit des vérités expérimentales.

4° Voici une quatrième notation que j'ai proposée il y a quelque temps, dans le but de conserver les avantages de la notation typique, sans recourir à l'emploi des radicaux. Au lieu d'emprunter les types à la chimie minérale, prenons-les dans la chimie organique, de manière à avoir autant de types qu'il y a de fonctions chimiques réellement différentes : l'acide acétique, par exemple, sera le type des acides; l'alcool ordinaire, celui des alcools, etc. Je me bornerai aujourd'hui à vous indiquer l'application de cette notation aux alcools et aux éthers. Nous représenterons l'alcool $C^4H^6O^2$, par la formule typique suivante :

$$C^4H^4(H^2O^2).$$

Cette formule typique indique que $H^2O^2$ peut être remplacée par tout autre corps occupant le même volume gazeux. Ainsi se forment les éthers :

Éther chlorhydrique..... $C^4H^4(HCl)$.
Éther acétique..... $C^4H^4(C^4H^4O^4)$.

Notation qui a l'avantage d'indiquer à première vue et l'acide qui entre dans l'éther, et l'alcool générateur représenté par la formule typique elle-même.

Les éthers des acides monobasiques peuvent être ainsi exprimés facilement, et par une notation qui est semblable pour les éthers à hydracides et pour les éthers à oxacides.

Venons aux éthers des acides bibasiques. Ces acides peuvent se combiner, soit à 1, soit à 2 équivalents d'alcool :

Acide éthylsulfurique..... $C^4H^4(S^2H^2O^8)$.
Éther sulfurique neutre.... $\left\{\begin{matrix}C^4H^4\\C^4H^4\end{matrix}\right\}(S^2H^2O^8)$.

$S^2H^2O^8$, c'est-à-dire l'acide sulfurique hydraté, $S^2O^6$, $H^2O^2$, remplace dans le premier cas 4 volumes de vapeur d'eau, $H^2O^2$, dans le second cas 8 volumes, $2H^2O^2$.
Avec l'acide oxalique, on aura semblablement :

Éther acide..... $C^4H^4(C^4H^2O^8)$.
Éther neutre..... $\left\{\begin{matrix}C^4H^4\\C^4H^4\end{matrix}\right\}(C^4H^2O^8)$.

Une remarque essentielle trouve ici sa place. La formule

$$C^4H^4(H^2O^2)$$

ne doit pas signifier que dans l'alcool il existe réellement deux groupements accolés, l'éthylène et l'eau, mais simplement que l'on peut remplacer les éléments de l'eau par ceux d'un égal volume d'acide chlorhydrique, d'acide acétique, etc.

$C^4H^4$, c'est-à-dire l'éthylène, groupement que l'on peut obtenir en déshydratant l'alcool, est un type incomplet. Nous l'écrirons de la manière suivante : $C^4H^4$ (—). On le complète en y ajoutant des volumes d'eau, d'acide, etc., égaux à ceux éliminés lors de sa formation, etc.

Pour terminer cette histoire générale des éthers, il ne nous reste plus qu'à indiquer en quelques mots ce qui a trait à la préparation de ces composés.

Primitivement, quelques acides seulement avaient pu être combinés aux alcools. Ces réactions furent peu à peu généralisées, et l'on put, à l'aide de méthodes nouvelles, obtenir de nouveaux éthers, ce qui permit de conclure que tout acide est susceptible de donner naissance à des éthers. C'est ainsi qu'avec l'acide stéarique on obtint l'éther stéarique, en dirigeant un courant de gaz chlorhydrique dans une solution alcoolique de l'acide gras, méthode d'une application fort étendue :

$$C^{36}H^{36}O^4 + C^4H^6O^2 - H^2O^2 = C^{40}H^{40}O^4 = C^4H^4\,(C^{36}H^{36}O^4).$$

Une méthode générale pour la formation des éthers consiste à employer les acides non pas libres, mais à l'état naissant. Plusieurs méthodes reposent sur ce procédé; l'une d'elles consiste dans l'emploi des chlorures acides; elle a été introduite dans la science par MM. Liebig et Wœhler. Soit, en effet, le chlorure benzoïque, c'est-à-dire un corps qui forme avec l'eau de l'acide benzoïque et de l'acide chlorhydrique, en vertu de la réaction suivante :

$$C^{14}H^5ClO^2 + H^2O^2 = C^{14}H^6O^4 + HCl.$$

Avec l'alcool, on a de même :

$$C^{14}H^5ClO^2 + C^4H^4(H^2O^2) = C^4H^4(C^{14}H^6O^4) + HCl.$$

Avec le chlorure acétique et l'alcool, on a également :

$$C^4H^3ClO^2 + C^4H^4(H^2O^2) = C^4H^4(C^4H^4O^4) + HCl.$$

Toutes ces réactions s'effectuent avec la plus grande simplicité. Il suffit de mettre, par exemple, de l'alcool dans une petite cornue tubulée : dès que l'on ajoute du chlorure acétique, la réaction se manifeste. En chauffant légèrement, on peut recueillir l'éther acétique dans un petit ballon refroidi.

Cette méthode est surtout précieuse quand il s'agit d'éthérifier des acides faibles, tels que les acides silicique et borique, et c'est même le seul moyen connu d'obtenir les éthers correspondants. Pour former l'éther borique, à l'exemple d'Ebelmen, on fera donc réagir le chlorure de bore sur l'alcool :

$$BCl^3 + 3C^4H^4(H^2O^2) = 3HCl + \left\{\begin{matrix}C^4H^4\\C^4H^4\\C^4H^4\end{matrix}\right\}BH^3O^6.$$

On a du reste avec l'eau :

$$BCl^3 + 3H^2O^2 = 3HCl + BO^3,3HO.$$

Une autre méthode générale est fondée sur les échanges qui peuvent se produire à l'aide des sels. Cette applica-

Digitized by Google

tion fut faite pour la première fois par Zeize, qui obtint ainsi le mercaptan ou alcool sulfhydrique, en faisant réagir le sulfhydrate de sulfure de potassium sur l'éthylsulfate de potasse :

$$C^4H^4(S^2KHO^8) + KHS^2 = C^4H^4(H^2S^2) + S^2K^2O^8.$$

Cette réaction s'effectue facilement et avec une grande régularité.

Un deuxième exemple de ce genre de réaction a été donné par M. Dumas, qui opéra à l'aide du benzoate de potasse et de l'éther méthylsulfurique; il obtint ainsi l'éther méthylbenzoïque :

$$\left.\begin{matrix}C^2H^2\\C^2H^2\end{matrix}\right\}(S^2H^2O^8) + \begin{matrix}C^{14}H^5KO^4\\C^{14}H^5KO^4\end{matrix} = \begin{matrix}C^2H^2(C^{14}H^6O^4)\\C^2H^2(C^{14}H^6O^4)\end{matrix} + S^2K^2O^8.$$

M. Pelouze, en appliquant cette réaction à la formation de l'éther cyanhydrique, acheva de démontrer la généralité de cette méthode :

$$C^4H^4(S^2KHO^8) + KCy = C^4H^4(HCy) + S^2K^2O^8.$$

L'opération se fait en chauffant dans un bain d'huile une petite cornue contenant l'éthylsulfate et le sel dont on veut éthérifier l'acide, soit le benzoate de potasse. Il passe d'abord de l'eau, en petite quantité du reste; puis, vers 200 degrés, distille un liquide huileux, pesant, que l'on peut purifier en le lavant avec de l'eau et en le desséchant ensuite sur du chlorure de calcium.

Dans les doubles décompositions qui précèdent, on fait usage d'éthers acides; on peut aussi employer des éthers neutres, tels que les éthers chlorhydriques, iodhydriques. C'est à M. Regnault que l'on doit ce nouveau genre de réaction. Soit l'éther chlorhydrique $C^4H^4(HCl)$. En opérant sur ce corps mêlé au sulfhydrate de sulfure de potassium, on aura l'éther sulfhydrique acide ou alcool sulfuré (mercaptan) :

$$C^4H^4(HCl) + KHS^2 = KCl + C^4H^4(H^2S^2).$$

En remplaçant le sulfhydrate de sulfure par le sulfure de potassium, on obtiendra un éther neutre, analogue à l'éther ordinaire, dans lequel l'oxygène serait remplacé par du soufre :

$$\left.\begin{matrix}C^4H^4(HCl)\\C^4H^4(HCl)\end{matrix}\right\} + K^2S^2 = 2KCl + \left\{\begin{matrix}C^4H^4\\C^4H^4\end{matrix}\right\}(H^2S^2).$$

Une application très-remarquable de ce genre de réaction a été faite par M. Würtz : elle consiste à mettre à profit la puissante affinité de l'argent pour l'iode. On fait donc réagir l'éther iodhydrique sur un sel d'argent, en employant un dissolvant commun, tel que l'éther anhydre, et en ayant soin d'opérer dans un tube fermé, maintenu à une température convenable. Avec l'acétate d'argent, par exemple, on a :

$$C^4H^4(HI) + C^4H^3AgO^4 = C^4H^4(C^4H^4O^4) + AgI.$$

Telles sont les principales méthodes générales qui servent à obtenir les éthers composés.

D^r Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### De la curarine et de l'accoutumance au curare.

### XXI et XXII.

Nous avons vu dans les séances précédentes que le curare se fabriquait avec des substances qui ne sont pas encore bien connues, de telle sorte qu'on est obligé de l'employer tel qu'il vient d'Amérique, sans savoir au juste quelle en est l'énergie.

Le curare, tel que nous le recevons ainsi, étant un extrait dont la force est très-variable, on a cherché depuis longtemps déjà à en extraire un principe actif nettement défini, qu'il fût dès lors possible de doser exactement et d'employer par conséquent avec sûreté; mais jusqu'aujourd'hui, le principe actif du curare n'a pas encore été obtenu d'une manière satisfaisante.

Les premières recherches faites à ce sujet sont dues à MM. Boussingault et Roulin. Ces savants traitaient le curare réduit en poudre par l'alcool bouillant, de manière à former une dissolution alcoolique; puis ils évaporaient cette dissolution et recueillaient ainsi un résidu plus actif que le curare primitif : ce qui prouve que le principe toxique du curare était bien soluble dans l'alcool. Ce résidu, redissous dans l'eau, était précipité de nouveau par le tannin, puis séparé et redissous dans l'eau bouillante au moyen de l'acide oxalique. La liqueur, alors acide, fut sursaturée par la magnésie de manière à devenir alcaline, puis filtrée; soumise ensuite à l'évaporation, elle donna un résidu presque entièrement soluble dans l'alcool. La dissolution alcoolique de ce résidu, soumise à l'évaporation spontanée, abandonne une matière de consistance sirupeuse, qu'on peut concentrer par évaporation dans le vide, et qui prend alors une consistance cornée. C'est à cette matière que MM. Boussingault et Roulin ont donné le nom de *curarine*. Ils la considéraient donc comme un alcaloïde; mais ils ne sont point parvenus à la faire cristalliser, ni à faire cristalliser les sels dans la constitution desquels elle entrait.

Pelletier et Petroz reprennent le même sujet avec une méthode un peu différente, mais ils ne réussissent pas davantage à obtenir la curarine cristallisée.

M. Trapp (de Saint-Pétersbourg) fit également des recherches sur le même sujet; mais il se servit du procédé de MM. Boussingault et Roulin, et il n'obtint encore que la curarine à l'état amorphe. Seulement, il fit avec M. Pelikan quelques expériences sur les propriétés physiologiques de cette curarine. Dans une de ces expériences, M. Pelikan dit en avoir donné 5 centigrammes

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15 et 21.

Digitized by Google

à un lapin, sans ajouter, il est vrai, que cette dose énorme avait été nécessaire pour le tuer. Si l'on opérait avec de bonne curarine, 5 centigrammes, ce serait cinq cents fois ce qu'il faut pour tuer un lapin, comme nous le verrons plus tard.

MM. Hamond et Mitchell, et quelques autres, ont entrepris également, mais sans plus de succès, la recherche de la curarine à l'état de substance cristallisée.

La question vient enfin d'être résolue d'une manière complète. M. le docteur Preyer, déjà connu par des travaux très-intéressants de chimie physiologique, et qui, depuis quelque temps, s'occupe, à ma prière, de ce sujet, dans notre laboratoire du Collége de France, est parvenu à faire cristalliser la curarine; mais il espère simplifier un peu la méthode qu'il a suivie, et dès que son travail sera complétement terminé, nous en exposerons ici tous les résultats.

Nous examinerons seulement aujourd'hui la question de savoir si la curarine est le seul alcaloïde actif contenu dans le curare. On concevrait très-bien qu'il y en eût plusieurs, car il entre un grand nombre de substances diverses dans la fabrication du curare; et d'ailleurs, l'opium, bien qu'extrait d'une seule plante, contient six ou huit alcaloïdes toxiques, et exerçant sur l'organisme des actions très-différentes.

La curarine n'est point, sans doute, la seule substance qu'on puisse trouver dans le curare; il y en a d'autres encore que M. Preyer n'a point fait cristalliser jusqu'ici, bien qu'elles paraissent peut-être susceptibles de l'être. Mais il ne faudrait attribuer à ces substances aucune part dans l'action toxique du curare; car une fois la curarine extraite, le résidu de la préparation ne présente plus de propriétés toxiques évidentes. La curarine obtenue de divers curares que j'ai donnés à M. Preyer, produit les effets du curare, mais seulement avec une bien plus grande énergie, comme vous allez le voir par quelques expériences.

Voici trois lapins sensiblement de même taille et de même poids, placés d'ailleurs dans les mêmes conditions, et par conséquent tout à fait comparables. Le premier reçoit sous la peau, et en dissolution dans l'eau, 1 milligramme du curare donné à M. Claude Bernard par M. Nélaton. Ce curare est sans doute notablement moins fort que celui de Para; mais nous le prenons de préférence aux autres, parce que c'est lui qui a servi à préparer la curarine avec laquelle nous allons faire l'épreuve comparative. Le second lapin reçoit, toujours sous la peau, une dose double, c'est-à-dire 2 milligrammes, à deux heures une minute. Enfin, le troisième lapin reçoit à deux heures trois minutes, et encore dans le tissu cellulaire sous-cutané, 1 milligramme de chlorhydrate de curarine en dissolution aqueuse, au même état de concentration que la première.

Ce dernier lapin est pris, à deux heures dix minutes, des effets toxiques qui durent quelque temps sans amendement, tandis que les autres n'avaient encore rien ressenti à la fin de la leçon, et n'ont rien éprouvé depuis.

Voici maintenant deux chiens à peu près comparables. Le premier, un peu plus gros que l'autre, reçoit, toujours sous la peau, à deux heures cinq minutes, 1 milligramme et demi de chlorhydrate de curarine en dissolution dans l'eau. Le second reçoit de la même manière, à deux heures huit minutes, une dose égale de curare, c'est-à-dire 1 milligramme et demi en dissolution dans la même quantité d'eau. Ce sont là encore des doses non mortelles, mais simplement thérapeutiques, comme celles que nous venons de donner à des lapins.

Il est très-difficile de comparer des doses d'une substance toxique avec des animaux d'espèce différente. On avait proposé de graduer par leur poids la force de résistance des divers animaux aux actions toxiques; mais c'est là une mesure très-imparfaite, et qui pourrait induire dans de grandes erreurs : car, lorsqu'on a constaté qu'un milligramme d'une substance donnée constitue une dose simplement thérapeutique, non mortelle pour des animaux pesant 2 kilos, il sera très-souvent faux d'en conclure qu'une dose de 2 milligrammes de la même substance n'est pas toxique pour un animal pesant 4 kilos (1).

Des deux chiens que nous venons de soumettre à des injections sous-cutanées, le premier, qui a reçu le chlorhydrate de curarine, ne tarde pas à être pris des effets toxiques, tandis que l'autre, qui a reçu le curare, n'avait encore rien éprouvé à la fin de la leçon, et n'éprouva rien. Remarquons, du reste, que chez le chien affecté, le système nerveux moteur est seul attaqué; toutes les facultés qui ne résident pas immédiatement dans cet élément histologique restent complétement intactes, et notamment les facultés intellectuelles. Ainsi notre chien conserve son caractère doux comme d'autres conservent leur caractère méchant; quand on l'appelle, il fait des efforts pour s'approcher, tant que les progrès de la paralysie ne lui ont pas rendu toute espèce de mouvement impossible : ce sont les pattes de devant qui faiblissent les premières, puis celles de derrière, et ainsi de suite. Mais la volonté de l'animal, son intelligence et sa sensibilité restent entières jusqu'à la fin, et tant qu'il a un seul nerf moteur à son service, il manifeste ce qu'il pense et ce qu'il éprouve. Le dernier mouvement qui

(1) L'injection sous-cutanée d'un poison est toujours une opération très délicate, exigeant la plus grande précision, et dans laquelle, par conséquent, aucune précaution ne doit être négligée. Ainsi il est arrivé à M. Claude Bernard de voir tomber pendant l'injection même un animal auquel il injectait une dose simplement thérapeutique : cela provenait de ce que l'extrémité de la seringue ayant percé les parois d'une veine, l'injection se trouvait faite immédiatement dans cette veine, et non plus dans le tissu cellulaire sous-cutané. D'un autre côté, si l'animal fait des mouvements, il peut arriver que l'extrémité de la seringue pénètre dans un muscle, tandis qu'on la croit dans le tissu cellulaire sous cutané, ce qui pourrait conduire à des conclusions parfaitement fausses sur le lieu de l'injection. Il vaut donc mieux, pour la commodité de l'expérience sur les animaux, piquer toujours directement dans un muscle, parce que là on est toujours à peu près sûr de se placer dans les mêmes conditions. Or, c'est là ce qu'il faut rechercher quand on veut obtenir les mêmes résultats.

Digitized by Google

persiste, c'est l'agitation de la queue, qui est généralement un signe très-expressif chez les chiens.

Une autre question qu'il nous faudrait examiner, ce serait celle de savoir si la curarine pourrait s'administrer utilement par l'estomac, et si elle pourrait s'absorber régulièrement par cette voie. En effet, bien que l'administration d'un médicament par injection dans le tissu cellulaire sous-cutané présente presque toujours des avantages incontestables, il y a cependant des cas dans lesquels il peut être plus commode de faire prendre les remèdes par l'estomac; et d'ailleurs cette méthode est tellement enracinée dans la pratique médicale, qu'elle y régnera longtemps encore.

M. Claude Bernard n'a pas encore fait d'expériences à ce sujet, mais il croit que la curarine, à la différence du curare lui-même, pourra peut-être s'absorber plus régulièrement, et par suite, s'administrer avec efficacité par l'estomac. La raison de cette hypothèse se trouve dans les travaux comparatifs exécutés par M. Pelikan sur l'absorption comparative de la strychnine et de l'extrait alcoolique de noix vomique : à dose égale de matière toxique, la strychnine s'absorberait infiniment plus vite que l'extrait alcoolique de noix vomique.

Nous devons encore ajouter que le chien sur lequel nous expérimentons ici éprouve de la part de la curarine une action un peu moins marquée que celle qu'il ressentit hier sous l'influence de la même dose. Il se pourrait qu'il y eût une certaine accoutumance des animaux aux propriétés toxiques du curare, ou bien qu'il y eût quelque différence dans les conditions de l'absorption; dans tous les cas, ainsi que nous l'avons déjà dit, cette accoutumance serait certainement fort légère pour le curare, tandis que pour certains poisons, au contraire, elle est extrêmement considérable.

Les recherches expérimentales sont toujours très-longues, et elles exigent beaucoup de patience. Le résultat s'exprime pourtant bien souvent en très-peu de mots, et il paraît quelquefois fort mince comparativement à la peine qu'il a coûté. Il faut fréquenter un laboratoire pour se rendre un compte exact de toutes les lenteurs qui retardent ainsi les recherches expérimentales. Ce cours est avant tout l'image des recherches de laboratoire; il est donc soumis aux vicissitudes, exposé aux obstacles inattendus que l'on rencontre dans la pratique de ces recherches. L'état des expériences de M. le docteur Preyer ne nous permettant pas d'exposer aujourd'hui dans son ensemble l'histoire chimique de la curarine, nous continuerons cependant à traiter notre sujet, et nous examinerons la question de l'accoutumance au curare, question sur laquelle plusieurs expériences ont été faites depuis la dernière séance.

Il y a des substances, l'opium par exemple, auxquelles l'organisme s'habitue très-vite, à tel point qu'il faut quelquefois augmenter la dose dès le second jour de l'administration de la substance pour obtenir les mêmes effets que le premier. M. Claude Bernard crut longtemps que le curare ne présentait à aucun degré les phénomènes de l'accoutumance; cette accoutumance paraît exister pourtant; mais elle est très-faible. En effet, il est probable que le corps s'habitue à tout. On connaît l'histoire de Mithridate, qui, à force de prendre des doses successivement croissantes de tous les poisons, avait fini par acquérir, dit-on, une véritable insensibilité aux agents toxiques. Tout le monde peut avoir occasion de faire sur soi-même des observations de ce genre, quoique avec des substances généralement moins actives comme médicaments. M. Claude Bernard rappelle que le café, qui n'exerce aucune influence lorsqu'on en prend régulièrement tous les jours, occasionne aussitôt des insomnies si l'on en interrompt l'usage, ne fût-ce que pendant un seul jour. Les médecins connaissent très-bien ces phénomènes d'accoutumance. Aussi leur arrive-t-il souvent de suspendre, au bout d'un certain temps, l'administration d'un médicament pour le reprendre ensuite, lorsque les effets de l'accoutumance auront disparu ou, du moins, notablement diminué.

Le corps s'habitue même aux aliments, et en donnant constamment à un animal un seul aliment, toujours le même, on finit bientôt par ne plus le nourrir convenablement. Il arrive, du reste, un moment où les animaux ne veulent plus manger, et meurent plutôt d'inanition. M. Claude Bernard en vit autrefois un exemple remarquable dans les expériences faites sur la gélatine par Magendie.

Il faut donc varier les aliments, parce que le corps s'habitue aux aliments, comme il s'habitue aux poisons et à toutes les matières susceptibles de l'irriter ou de l'exciter de quelque manière que ce soit; seulement, il s'y habitue plus ou moins, suivant les cas.

Le curare n'échapperait donc point à cette loi générale; mais les phénomènes d'accoutumance qu'il présente sont extrêmement faibles, comme vous pouvez le voir par cette expérience comparative sur deux lapins de même poids : l'un neuf à l'action du curare, et l'autre qui en reçoit une certaine dose chaque matin depuis huit jours. Nous leur donnons à chacun 2 milligrammes du même curare en dissolution, et il est facile de voir que l'intensité des effets produits est plus grande chez le lapin neuf que chez l'autre, qui y est un peu habitué.

Dans la précédente leçon, nous avons déjà parlé de l'alcool comme antidote prétendu du curare, et nous avons dit que cette propriété qu'on lui attribue n'était nullement démontrée. Il est vrai cependant que l'alcool ralentit les effets de l'intoxication par le curare. Voici comment ce phénomène peut s'expliquer.

Lorsqu'on injecte du curare dans une région déterminée du corps, on y provoque aussitôt une vascularisation abondante, résultat de la paralysie des nerfs vasomoteurs, ce qui permet aux vaisseaux de se dilater à leur aise. Mais c'est là une paralysie locale, et si on l'em-

Digitized by Google

pêche de se produire, ou si on la ralentit, on peut modifier les conditions de l'absorption, et, par suite, la marche même de l'intoxication. Or, c'est là ce qui arrive lorsqu'on ajoute de l'alcool en injectant du curare sous la peau. Voici en effet un lapin auquel nous avons injecté hier, dans le tissu cellulaire sous-cutané, 2 milligrammes de notre curare le plus fort, celui de Para, avec un demi centimètre cube d'alcool environ. Il a été atteint de phénomènes paralytiques dont il n'est pas mort, et ce matin il était complétement revenu à son état normal, et nous lui avons alors administré, de la même manière, une seconde dose de 2 milligrammes du même curare de Para, mais sans alcool : cette fois, il a succombé en quatre minutes.

Quel effet a pu produire l'alcool? Il est évident qu'il n'a pas précipité le curare de sa dissolution aqueuse, puisque ce poison est soluble dans l'alcool comme dans l'eau, et que c'est même à l'aide de cette propriété qu'on a pu extraire la curarine. Mais l'alcool a dû engourdir les nerfs moteurs et, par conséquent, diminuer leur irritabilité. Or, en diminuant l'irritabilité des nerfs, on les rend par là même beaucoup moins sensibles à l'action des poisons qui attaquent spécialement le système nerveux.

Il n'est donc pas indifférent d'administrer le poison à l'état de dissolution aqueuse ou à l'état de dissolution alcoolique. Nous savons que le curare provoque, dans l'endroit où on l'applique, une rubéfaction considérable des tissus qui est due non pas à une irritation particulière, mais à une paralysie du système nerveux vaso-moteur qui a pour effet d'activer la circulation en augmentant le calibre des vaisseaux. L'alcool produit un effet précisément contraire. On pourrait donc activer l'absorption d'une substance quelconque, en administrant, mêlée à cette substance, une dose de curare assez faible pour ne produire qu'une action locale. En employant l'alcool dans les mêmes conditions, on ralentirait au contraire l'absorption d'une manière notable.

Cette action particulière de l'alcool expliquerait comment on aurait pu, ainsi qu'on l'a dit souvent, empêcher les effets toxiques du curare en lavant la plaie avec de l'alcool. Ce serait là en effet un très-bon moyen pour ralentir l'intoxication. Mais outre cet effet purement local, l'alcool produit-il encore un effet général dans le même sens? Si l'on avait absorbé une quantité d'alcool suffisante pour être ivre-mort, on échapperait en effet à l'action du curare dans certaines limites; mais un état d'ivresse modéré ne serait certainement pas une cause d'immunité, comme vous allez le voir par cette expérience. Voici en effet un lapin qui a reçu 5 ou 6 centimètres cubes d'alcool : il n'est pas ivre-mort, mais il est cependent en état d'ivresse, et il titube d'une manière sensible; une dose de 2 milligramme de curare injectée sous la peau l'empoisonne très-bien; les effets toxiques sont seulement un peu plus lents à se manifester.

M. Bert, préparateur du cours, a essayé de mélanger une certaine quantité d'acide phénique avec le curare injecté : l'empoisonnement ne se produit pas dans ces conditions; mais il est probable que l'acide phénique agit tout simplement, dans ce cas, à la manière d'un caustique.

Il nous reste maintenant à reprendre avec la curarine toutes les questions importantes que nous avons examinées jusqu'ici avec le curare pour déterminer les conditions physiologiques auxquelles ce médicament pourrait être employé dans la thérapeutique. M. Jousset a dressé un relevé de tous les cas dans lesquels on a fait usage du curare pour la thérapeutique humaine. Mais presque toujours, à Paris du moins, ce corps a été employé à dose trop incertaine pour pouvoir produire un effet bien déterminé. On y a eu recours, et paraît-il avec quelque succès, dans certains cas d'épilepsie. Son action a aussi été essayée contre le tétanos; mais elle est restée jusqu'ici indéterminée.

— La suite au prochain numéro. —

---

Conférences historiques de la Faculté de médecine. — M. Parrot traitera lundi prochain de Stahl.

Muséum d'histoire naturelle. — M. Brongniart (de l'Institut) professeur de botanique et de physiologie végétale, a ouvert son cours mercredi dernier 26, à neuf heures et demie, et le continuera les vendredis, lundis et mercredis suivants à la même heure. Il traite cette année des dycotylédones gymnospermes, des monocotylédones et des acotylédones.

M. Decaisne (de l'Institut) a ouvert, mardi 25 avril, à huit heures et demie, et continuera les jeudis, samedis et mardis suivants, à la même heure, son cours de *culture*.

---

La *Revue des cours littéraires* publie aujourd'hui une leçon de M. Weiss sur Piron et Gresset (la *Métromanie* et le *Méchant*), et une conférence, faite à Amiens par M. Bohn, sur l'*âme humaine dans l'histoire*.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

Le Protestantisme libéral, par M. le pasteur Th. Bost, 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

*Table des matières.*

Chap. Ier. Pourquoi nous sommes protestants et non pas catholiques. — Chap. II. Pourquoi nous sommes libéraux et non pas orthodoxes. — Chap. III. Religion et théolopie. — Chap. IV. Du surnaturel. — Chap. V. De la liberté. — Chap. VI. Du péché considéré dans sa réalité, son origine et ses effets. — Chap. VII. Du moyen de salut. — Chap. VIII. Conséquences pratiques.

Critique et histoire de la philosophie, fragments et discours, par Émile Saisset, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des lettres. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

Du suicide et de la folie suicide, par M. le docteur Brierre de Boismont. 1 vol. in-8, 2e édition. 7 fr.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 23. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 6 MAI 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements. . | — | 1 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences.**

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS. — **Chimie.** — Cours de **M. H. Sainte-Claire Deville** : Des méthodes générales de réduction des métaux.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XXII (fin) et XXIII. De la critique scientifique. — Histoire et critique expérimentale des travaux relatifs au curare.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie** (Zoophytes). — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : V. Histoire des classifications du règne animal; Cuvier et ses successeurs.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : III. L'hydrogène.

FACULTÉ DES SCIENCES DE CLERMONT. — **Histoire naturelle.** — Cours de **M. H. Lecoq** : De la végétation du printemps.

**Variétés.** — Des sexes et de la génération chez les Alcyonaires.

Ce numéro contient un supplément de huit colonnes.

Paris, 5 mai 1865.

L'Académie des sciences a reçu, lundi dernier, plusieurs communications importantes. M. Boussingault a lu un mémoire relatif aux fonctions hygiéniques des feuilles et à leur action décomposante sur l'acide carbonique. L'acide carbonique de l'air est la seule source connue du carbone que les plantes contiennent en si grande quantité. On sait, du reste, que les parties vertes des plantes absorbent cet acide carbonique et exhalent de l'oxygène en fixant le carbone dans leurs tissus. La question examinée par M. Boussingault est celle de savoir si l'acide carbonique pur est décomposable par les feuilles. M. Boussingault ne le pense pas, et il expose les expériences nombreuses qu'il a faites à ce sujet. Du reste, de Saussure avait déjà montré que les feuilles meurent dans une atmosphère entièrement formée d'acide carbonique, bien que cette atmosphère soit pénétrée de nombreux rayons de lumière. La proportion d'acide carbonique qui paraît la plus favorable à la respiration des plantes est de 8 pour 100 environ. Voici les conclusions de M. Boussingault. « Les feuilles exposées au soleil dans l'acide carbonique ne décomposent pas cet acide, ou ne le décomposent que très-lentement. La décomposition est au contraire très-rapide quand on mélange l'acide carbonique avec de l'air atmosphérique, de l'hydrogène ou de l'azote. L'oxygène ne paraît, du reste, intervenir aucunement dans le phénomène.

M. de Vergnette-Lamotte envoie un mémoire relatif à la conservation des vins. Tout le monde sait que les vins se bonifient beaucoup en faisant une traversée un peu longue, comme celle d'Amérique. M. de Vergnette-Lamotte, attribuant ce résultat à la température élevée que subissent les vins dans ces circonstances, a essayé de chauffer artificiellement des vins, et il a trouvé que les vins ainsi chauffés pendant un certain temps se conservent beaucoup plus facilement et s'améliorent d'une manière notable; il y aurait même avantage à placer le vin pendant quelque temps dans des greniers, qui sont toujours assez chauds. M. Pasteur, sous l'inspiration duquel M. de Vergnette-Lamotte déclare avoir travaillé, dit qu'il a obtenu des résultats analogues qu'il se proposait de communiquer prochainement à l'Académie. Les maladies que subissent les vins proviennent de ferments qui existent à l'origine, et finissent par se développer à un moment donné, lorsque les circonstances sont favorables. La maladie existe donc en germe bien longtemps avant de se déclarer. Après avoir essayé inutilement de diverses substances chimiques pour préserver les vins



Digitized by Google

contre ces accidents, M. Pasteur eut l'idée toute naturelle de recourir à la chaleur, et il obtint un succès complet. Il suffit, en effet, d'exposer les bouteilles de vin, pendant une heure ou deux, dans une étuve à une température de 60 à 78 degrés, pour le rendre à peu près incorruptible : car, lorsqu'il a subi cette opération, il est très-difficile de le faire fermenter, même en le plaçant dans les circonstances les plus favorables pour cela. Cet échauffement donne d'ailleurs au vin plus de moelleux et de bouquet, et il est facile à chacun d'en faire l'expérience en plaçant les bouteilles dans un four quelconque, à la température de 60 à 70 degrés, et en ayant soin de fixer le bouchon avec une ficelle, pour que l'augmentation de volume du vin, sous l'influence de la chaleur, ne le fasse pas sauter. Les vins qui sont malades contiennent neuf fois sur dix le ferment décrit par M. Pasteur dans son ouvrage, sous le n° 8, et on les reconnaît facilement, dès avant que la maladie se soit déclarée, parce que, au lieu de donner à la distillation 1 ou 2 décigrammes seulement d'acide volatil par litre, comme les vins bien portants, ils en fournissent des quantités beaucoup plus considérables.

M. H. Sainte-Claire Deville a lu une étude fort intéressante sur la distribution de la chaleur dans le dard du chalumeau à gaz hydrogène et oxygène, ou à gaz oxyde de carbone et oxygène.

M. Pelouze a présenté une nouvelle méthode de dosage du fer contenu dans le sang, méthode qui est beaucoup plus rapide que celles qu'on a employées jusqu'ici, et dans laquelle on dose le fer à l'état métallique, au lieu de le doser à l'état d'oxyde. M. Pelouze a présenté les résultats de diverses analyses exécutées d'après cette méthode nouvelle, résultats qui indiquent à peu près une proportion de 3 à 4 millièmes de fer dans le sang des oiseaux, et de 5 à 6 dans celui des mammifères.

Émile Alglave.

---

## FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

## CHIMIE.

### COURS DE M. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE
(de l'Institut).

#### Méthodes générales de réduction.

On appelle *minerais* les combinaisons (le plus souvent oxydes ou sulfures) sous lesquelles les métaux se rencontrent dans le sol. Ces minerais s'extrayent rarement à l'état de pureté ; presque toujours, au contraire, ils sont plus ou moins intimement mélangés à des substances étrangères, et l'on réunit ces substances : quartz, sulfate de baryte, carbonate de chaux...., etc., sous la dénomination commune de *gangue*. Une fois débarrassé de sa gangue le minerai, convenablement traité, fournira le métal ; on donne à ce traitement le nom général de *réduction*. Les anciens chimistes, qui ont surtout été des métallurgistes et dont les méthodes n'ont pas été modifiées par les progrès de la science dans les temps modernes, appelaient *métal cru* la matière métallique, le minerai, et *régule* le métal réduit ; ces expressions sont encore employées quelquefois aujourd'hui.

J'ai dit que pour obtenir le métal il fallait opérer une réduction ; c'est en effet le cas général, mais il est cependant des métaux que l'on rencontre purs dans la nature, l'or et l'argent par exemple ; pour ceux-là les opérations métallurgiques se réduisent à la séparation de la gangue, et l'on comprend pourquoi l'or et l'argent sont les premiers métaux dont les hommes aient fait usage : ils étaient plus faciles à préparer que les autres.

Le cuivre se rencontre aussi dans la nature à l'état de liberté et de pureté; aussi l'histoire apprend que l'emploi de ce métal par les anciens a suivi de très-près celui des deux autres. Si nous examinons successivement les divers métaux sous le rapport de la facilité avec laquelle on peut se les procurer, nous en trouvons certains qui, plus ou moins minéralisés, sont cependant facilement réductibles par certains réactifs ; plus la réduction de ces minerais est aisée et plus la métallurgie des métaux correspondants a dû être ancienne ; ainsi le cuivre que l'on rencontre souvent à l'état d'oxyde est alors réductible par le charbon à une température peu élevée ; il en est de même de l'étain, par suite, ces deux métaux ont dû être préparés et ont été préparés en effet bien avant le fer, dont la réduction s'opère également par le charbon, mais qui exige l'emploi d'une très-haute température.

Il existe enfin une autre méthode de métallurgie fondée sur l'emploi des métaux réducteurs, et que Gay-Lussac et Thénard ont inaugurée en se servant du fer ; grâce à elle, ces chimistes ont pu préparer en quantités notables le potassium et le sodium, et ce sont enfin ces deux métaux qui ont servi dans ces derniers temps à l'extraction des métaux renfermés dans l'alumine, dans la magnésie, et que l'on appelle *métaux terreux*.

Je dirai d'abord quelques mots de la manière dont on sépare les petites pépites d'or ou d'argent, et en général les substances d'une densité considérable, des sables auxquels elles sont mélangées. Voici un sable qui renferme des paillettes d'or et des grains de *galène* (sulfure de plomb), je le dispose à l'extrémité de cette augette en bois plate et allongée ; je l'humecte avec soin et je le soumets à un courant d'eau de vitesse modérée, j'incline légèrement l'augette dans le sens de ce courant et en même temps je lui imprime un petit mouvement de va et vient parallèlement à son axe.

Au bout de très-peu de temps la matière la plus légère, c'est-à-dire le sable, a été complétement entraînée par le courant et s'est disposée dans cette terrine avec sa couleur blanche que dissimulait tout à l'heure la couleur grise de la galène. Vous apercevez en même temps sur

Digitized by Google

l'augette la poudre d'or et la galène qui seules n'ont point été emportées par l'eau à cause de leur pesanteur spécifique considérable. Un procédé entièrement mécanique a donc suffi pour effectuer la séparation que j'avais en vue.

Passons maintenant à l'emploi du charbon. Il est un corps réducteur que l'on ne peut jamais séparer du charbon, c'est l'hydrogène. Le charbon que l'on emploie dans les opérations métallurgiques est en effet un corps très-avide d'humidité; il contient donc toujours de l'eau, et cette eau, réduite en même temps que le minerai, produit un dégagement d'hydrogène : la substance métallique à réduire est donc toujours en contact avec ce gaz en même temps qu'avec le charbon, et il est indispensable, par conséquent, que nous sachions comment s'effectue la réduction par l'hydrogène. Les mêmes principes s'appliqueront du reste au charbon et aux divers métaux réducteurs.

La stabilité d'un corps composé est d'autant plus grande que la quantité de chaleur dégagée pendant la combinaison de ses éléments est elle-même plus considérable. Donc si dans la formation de l'eau il se produit beaucoup de chaleur, nous en conclurons que l'eau est très-difficile à décomposer, c'est-à-dire que l'hydrogène a une très-grande tendance à s'unir à l'oxygène, ou en d'autres termes que l'hydrogène est un réducteur très-puissant.

Il s'agit donc de démontrer que la production de l'eau est la source d'une grande quantité de chaleur. Or vous savez que le platine est une des matières les plus difficiles à fondre que l'on connaisse, si bien que pendant longtemps on l'a considéré comme infusible. Voici cependant un chalumeau à l'extrémité duquel arrivent un courant d'hydrogène et un courant d'oxygène dans les proportions qui conviennent à la formation de l'eau; j'allume le jet, c'est-à-dire que je détermine cette formation et j'introduis dans la flamme l'extrémité de ce fil de platine : vous le voyez aussitôt devenir incandescent et fondre avec une extrême facilité. Ceci posé, pour savoir quels sont les oxydes sur lesquels l'hydrogène pourra agir comme réducteur, il suffit évidemment de savoir quelles sont les quantités de chaleur que les métaux des divers oxydes sont susceptibles de dégager dans leur combinaison avec l'oxygène.

Eh bien, si vous essayez de faire brûler du cuivre dans l'oxygène, vous trouverez que la température sera assez faible; vous en conclurez donc que l'hydrogène doit réduire très-facilement l'oxyde de cuivre : c'est en effet ce qui a lieu comme vous allez vous en convaincre par l'expérience suivante :

Vous apercevez ici un tube en verre disposé horizontalement et renflé à sa partie moyenne; dans ce renflement se trouve de l'oxyde noir de cuivre, et le tube est traversé par un courant d'hydrogène sec; nous rendons ce courant sensible en enflammant le gaz à l'extrémité effilée du tube, laquelle est munie d'une petite ampoule refroidie. Nous chauffons l'oxyde à 300 ou 400 degrés au moyen d'une lampe à alcool disposée au-dessous; voici déjà la couleur rouge du cuivre métallique qui apparaît en certains points, ce qui vous montre combien cette réduction est facile. Non-seulement elle est facile mais elle se fait avec dégagement de chaleur et de lumière, car vous voyez une sorte d'ignition qui se propage dans la masse de l'oxyde; dans quelques instants tout l'oxyde aura été réduit, et vous apercevrez dans l'ampoule de nombreuses goutelettes d'eau provenant de la combinaison avec l'hydrogène de l'oxygène qui primitivement était uni au cuivre.

Prenons maintenant du fer, et essayons de le faire brûler dans l'oxygène, cette combustion sera facile et elle se produira avec un dégagement de chaleur considérable. Voici en effet un fil de fer que j'introduis dans la flamme du chalumeau et qui y brûle en lançant de nombreuses et brillantes étincelles. Que devons-nous en conclure? C'est que l'oxyde de fer sera réduit par l'hydrogène beaucoup moins facilement que le cuivre. Si en effet nous répétons l'expérience précédente en y remplaçant simplement l'oxyde de cuivre par l'oxyde de fer, la réduction ne sera possible qu'à la condition d'élever notablement la température de cet oxyde; et de plus cette réduction, quoique facile en définitive, ne s'effectuera jamais avec dégagement de chaleur et de lumière. Si donc il y a une différence entre le fer et le cuivre sous le rapport de la réduction par l'hydrogène, cela tient à ce que le premier de ces métaux est plus combustible que le second; et ce qui le prouve d'une façon bien péremptoire, c'est que ce fer très-divisé qui provient de la réduction métallique de l'oxyde s'enflamme spontanément lorsque, brisant, comme je le fais ici, la pointe de l'ampoule qui le contient, on le dissémine dans l'air : à cet état il porte le nom de *fer pyrophorique*.

Si l'on met du zinc dans un creuset dont le couvercle a été parfaitement luté, et si on le chauffe à la température de son ébullition, de sa vaporisation, par conséquent à 1040°, on voit la vapeur métallique se dégager en brûlant par un trou ménagé à la partie supérieure. Si nous ouvrons le creuset de façon à mettre cette vapeur de zinc en contact immédiat avec l'air, nous la voyons brûler, avec un dégagement extrêmement considérable de chaleur et de lumière, en produisant des flocons d'une matière blanche qui est l'oxyde de zinc. Cette expérience nous fait prévoir que si nous essayons de réduire l'oxyde de zinc par l'hydrogène, comme nous l'avons fait pour le cuivre et le fer, nous avons fort peu de chance de réussite. Et en effet, chauffons cet oxyde de zinc jusqu'au rouge dans le courant gazeux, il ne se produit rien, la substance conserve sa couleur blanche, ou tout au plus jaunit légèrement sans qu'il y ait trace de métal mis en liberté. Pour obtenir la réduction, il faudrait mettre l'oxyde de zinc dans un tube de porcelaine, le porter au rouge vif vers 1000°, et le faire traverser par un courant très-rapide d'hydrogène. Chose curieuse !

Digitized by Google

un courant lent n'aurait pas d'effet et voici pourquoi : la combinaison du zinc et de l'oxygène est si facile que, si le courant est lent le zinc, en vapeur, qui est réduit en un point du tube, rencontrant plus loin l'eau formée par suite de cette réduction elle-même, réduit cette eau à son tour et reconstitue de l'oxyde de zinc, de telle sorte que ce qui se serait fait à une température élevée se *déferait* à une température un peu plus basse.

Cette difficulté de réduction de l'oxyde de zinc nous explique comment il se fait que le zinc, connu depuis cent cinquante ans à peine, n'est guère entré dans nos usages que depuis trente ou quarante ans.

Voici maintenant un métal très-voisin du zinc, c'est le *magnésium*. J'en prends un fil et je l'introduis dans la flamme d'une lampe à alcool : vous le voyez s'allumer et continuer ensuite à brûler avec une flamme extrêmement vive qui, vous devez le remarquer, exerce sur la vue une action très-intense ; cette lumière, pour le dire en passant, est très-riche en rayons chimiques et peut, par suite, être employée avec avantage dans les opérations du daguerréotype. Tous les essais de réduction de la magnésie par l'hydrogène, essais qui n'ont point été, il est vrai, effectués peut-être avec des soins suffisants, ont jusqu'ici complétement échoué, de sorte que dans l'état actuel de la science on peut dire que la magnésie est absolument irréductible par l'hydrogène. Mettons en effet de la magnésie dans un tube de porcelaine ou de platine porté à la température la plus élevée que nous puissions produire ; nous ne pouvons constater aucune action, et cela tient, vous le voyez, à ce que la combinaison du magnésium et de l'oxygène dégage au moins autant de chaleur que celle de l'oxygène et de l'hydrogène.

Certains corps sont très-facilement réductibles par l'hydrogène, et cependant ils ne contiennent pas d'oxygène ; mais il faut dire que l'hydrogène se combine avec le chlore, le brome, l'iode, avec un dégagement de chaleur assez considérable, pour que la stabilité de l'acide chlorhydrique soit plus grande que celle du chlorure d'argent et d'un très-grand nombre de chlorures métalliques.

Si donc on fait passer un courant d'hydrogène sur du chlorure d'argent desséché et chauffé convenablement, il y aura dégagement d'acide chlorhydrique et production d'argent métallique. L'appareil est disposé sous vos yeux, l'acide chlorhydrique qui va se dégager est amené par un tube dans ce verre qui renferme une petite quantité d'eau. Voici déjà des traces de gaz qui se dégagent et que vous distinguez par la production de fumées blanches à la surface de l'eau : nous y plongeons un papier de tournesol bleu, et, — particularité intéressante, — vous remarquez que ce papier qui ne rougit pas encore dans le liquide, commence déjà à rougir dans l'atmosphère de vapeurs acides où sa partie supérieure se trouve plongée. Je vous ferai observer en outre que les matières qui renferment de l'argent combiné avec le chlore ou avec l'hydrogène retiennent ce chlore ou cet hydrogène avec une ténacité remarquable, aussi vous voyez combien nous sommes obligés de chauffer pour obtenir une action en définitive assez peu sensible. Pour que la décomposition du chlorure d'argent fût complète, il faudrait l'effectuer dans un tube de porcelaine fortement chauffé. Quoiqu'il en soit, le phénomène de réduction n'est pas douteux, et si nous versons maintenant dans l'eau de ce verre quelques gouttes de nitrate d'argent, la formation immédiate d'un précipité blanc caillebotté de chlorure d'argent, nous accuse la présence d'une quantité fort appréciable d'acide chlorhydrique dans le liquide.

Non-seulement l'hydrogène a une grande affinité pour le chlore et ses congénères, mais il en a une très-grande aussi pour le soufre. En se combinant avec ce dernier corps il produit, vous le savez, un hydrogène sulfuré dont les propriétés vous sont connues. Il est probable, par conséquent, qu'en opérant sur un sulfure métallique nous pourrons produire avec l'hydrogène des phénomènes analogues à ceux que nous venons de réaliser sur le chlorure d'argent. Voici effectivement du sulfure d'antimoine sur lequel nous faisons passer un courant d'hydrogène sec; la réduction se produit facilement, et nous obtenons le métal à l'état de liberté, le régule d'antimoine : il s'est dégagé de l'hydrogène sulfuré que nous faisons arriver dans un verre renfermant une dissolution d'acétate de plomb. Vous vous étonnez peut-être de voir se produire un précipité blanc, mais attendons un instant, la couleur va passer au rouge, et le noir que vous attendiez apparaît enfin ; ces effets sont dus à ce que le sulfure de plomb qui se produit se combine d'abord avec l'acétate de plomb en excès et donne naissance à un sel double précipitable en blanc par l'eau.

Le *charbon* agit comme l'hydrogène; seulement je ne puis pas vous montrer, par une expérience spéciale, que la combinaison du charbon avec l'oxygène donne une température beaucoup plus élevée que celle de l'hydrogène et de l'oxygène ; mais on peut arriver à la constatation de ce fait par un calcul très-simple fondé, sur la quantité de chaleur produite par la combustion du charbon dans l'oxygène. On reconnaît facilement que la température produite par un morceau de charbon qui brûle dans une atmosphère constamment renouvelée d'oxygène est à la température (2500°) produite par la combustion de l'hydrogène au moins comme 10 est à 8, cette température est donc : $2500° \times \frac{10}{8}$, c'est-à-dire 3125°, et plus élevée, par conséquent, de 625° que la seconde; le charbon doit donc être un réducteur plus puissant que l'hydrogène.

Vous savez qu'en se combinant avec l'oxygène le charbon donne naissance à deux oxydes, l'un, l'oxyde de carbone, constitué par une molécule de charbon et une molécule d'oxygène, l'autre, l'acide carbonique, formé d'une molécule de charbon et de deux molécules d'oxygène. Vous savez aussi que toute combustion in-

Digitized by Google

complète du charbon produit de l'oxyde de carbone, l'acide carbonique qui tend à se former étant réduit par le charbon en excès; par conséquent dans toutes les opérations métallurgiques par le charbon, le minerai sera en contact avec l'oxyde de carbone : il faut donc que nous connaissions l'action de cet agent sur les matières oxydées. La plupart du temps le minerai est transformé en métal, non par le charbon, mais par l'oxyde de carbone, et ce gaz a un pouvoir réducteur au moins égal à celui de l'hydrogène, parce que, en brûlant dans l'oxygène, l'oxyde de carbone produit un peu plus de chaleur que l'hydrogène dans les mêmes circonstances. Ce que je dis là de la puissance réductrice de l'oxyde de carbone n'est vrai que pour le cuivre, le zinc et le fer, mais ne l'est point pour le chlorure d'argent ou le sulfure d'antimoine; le chlore, en effet, ne forme avec l'oxyde de carbone qu'une combinaison éphémère, l'*acide chloroxycarbonique*, dont la décomposition par le feu est tellement facile qu'à toutes les températures où nous pourrions agir, ce corps ne saurait exister. L'oxyde de carbone ne saurait agir davantage sur le sulfure d'antimoine, parce que de cette action il ne pourrait résulter qu'une combinaison d'oxyde de carbone et de soufre, combinaison qui n'existe pas et qui n'est probablement pas possible à des températures tant soit peu élevées. — Ce n'est donc que pour les minerais oxygénés que l'oxyde de carbone sera avantageusement substitué à l'hydrogène, et cet avantage n'existera même pas dans quelques cas, par exemple pour l'oxyde de zinc : c'est ainsi qu'un courant très-lent d'oxyde de carbone n'a pas plus d'action sur cet oxyde métallique que n'en aurait un courant d'hydrogène; le zinc, s'il se produit, réagit sur l'acide carbonique qui pourrait se former, et s'oxyde de nouveau; l'oxyde de carbone se trouve ainsi régénéré. Mais l'oxyde de zinc ne résiste pas à l'action réductrice du charbon. Vous apercevez ici un tube de dégagement adapté au col d'une cornue en grès que nous chauffons au rouge, et dans laquelle nous avons placé un mélange d'oxyde de zinc et de charbon; ce tube se recourbe au-dessous d'une cloche remplie d'eau et disposée sur une terrine. Voici des bulles de gaz qui montent dans la cloche; celle-ci sera bientôt pleine : j'allume le gaz et vous reconnaissez la flamme de l'oxyde de carbone. Du reste, maintenant que la combustion est terminée, j'agite dans la cloche un peu d'eau de chaux, et le précipité blanc de carbonate de chaux qui se produit accuse la formation de l'acide carbonique. Les oxydes de potassium et de sodium, traités de même par le charbon, sont réduits, avec dégagement d'oxyde de carbone, mais ils diffèrent de l'oxyde de zinc, en ce que la réduction de ce dernier produit, en même temps, que de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique, comme je puis le démontrer très-facilement en agitant de l'eau de chaux dans une éprouvette remplie du gaz qui se dégage actuellement avec abondance, et dont nous ne déterminons pas préalablement la combustion.— D'autres oxydes, ceux de plomb, de cuivre, ne produisent dans des circonstances semblables que de l'acide carbonique, de sorte que sous ce rapport, l'oxyde de zinc se trouve ainsi établir la transition entre deux séries bien distinctes de métaux. Il est facile de démontrer par de simples pesées que la réduction de l'oxyde de plomb ne produit que de l'acide carbonique : en effet, l'équivalent du carbone étant 6, celui de plomb 104, et celui de l'oxygène 8, il est clair que si, prenant 6 de charbon chimiquement pur, nous les chauffons dans un creuset avec un excès d'oxyde de plomb, de deux choses l'une : ou bien il se produira de l'oxyde de carbone, et alors les 6 grammes de charbon exigeant 8 grammes d'oxygène pour former de l'oxyde de carbone, il y aura 104 grammes de plomb réduits; ou bien, c'est de l'acide carbonique qui se dégagera, et alors, la réaction portant sur une quantité double d'oxyde de plomb, 208 grammes de métal seront réduits. Nous avons fait l'expérience avant la leçon dans le creuset que je vous présente : je brise ce creuset, et voici le culot de plomb ; si je pèse ce culot, je trouve 208 grammes; donc il ne s'est produit que de l'acide carbonique dans cette réduction. — Remarquez maintenant que si le charbon employé avait été impur, s'il avait renfermé soit des matières minérales, soit de l'eau, la quantité de plomb mise en liberté aurait été nécessairement moins considérable. Il y a donc là un moyen excellent de déterminer avec une précision extrême la pureté, c'est-à-dire la puissance calorifique d'un charbon donné; plus le résultat d'une expérience analogue à celle que je viens de vous montrer, faite avec un charbon déterminé, sera voisin du nombre 208 grammes, et plus ce charbon sera susceptible de donner de chaleur dans sa combustion.

Le charbon, vous le savez, est employé à la réduction de l'oxyde de fer, et à la préparation de la fonte. Je vais vous montrer la méthode analytique qu'ont inventée les anciens métallurgistes pour déterminer la quantité de fer qu'on peut extraire d'un minerai donné; cette opération, qui consiste à rechercher par une expérience en petit le rendement que l'industriel obtiendra dans ses opérations métallurgiques, s'appelle un *essai*. Ce qu'il faut obtenir dans un essai, c'est un *culot* de métal et une *scorie* : le culot s'obtient par la réunion au fond du creuset de toutes les particules du métal réduites dans les divers points de la masse; la scorie est la matière fondue qui accompagne le culot. Souvent les substances étrangères qui sont mélangées au minerai pur ne sont point suffisamment fusibles pour que le culot puisse se former; alors, on ajoute une matière qui facilite cette fusion, et qu'on appelle pour cette raison un *fondant*; les fondants sont des silicates ou des borates alcalins. Dans l'essai dont il s'agit ici, nous avons besoin d'un fondant, et nous employons tout simplement du verre à vitre. Voici comment l'opération est disposée : On prépare d'abord un creuset *brasqué*; pour cela on tasse dans un creuset ordinaire en terre réfractaire, une pâte formée de poussière de charbon et d'eau, et dans

Digitized by Google

cette pâte on fait ensuite un trou avec un couteau : on a construit ainsi un creuset en charbon que l'enveloppe extérieure ne sert qu'à rendre résistant et incombustible. Dans ce creuset *brasqué* on introduit le minerai et le fondant; puis on soumet le tout à une température élevée, capable même, comme vous le voyez sur cet échantillon, de fondre la surface du creuset et des *fromages* sur lesquels il reposait dans le fourneau. Lorsque l'opération est terminée, on casse le creuset, et l'on trouve au fond, comme vous pouvez le voir, un culot de fonte entouré de scorie.

J'ai dit plus haut que le charbon est susceptible de réduire les oxydes de potassium et de sodium. Cette réduction n'est pas possible par l'hydrogène et l'oxyde de carbone, parce que ces métaux alcalins sont extrêmement avides d'oxygène et décomposent l'eau même à la température ordinaire : c'est ce que je vais vous montrer facilement en projetant sur l'eau un morceau de potassium et de sodium. Si je fais ces expériences qui sont déjà connues de vous, c'est uniquement pour vous indiquer les dangers qu'elles présentent et les moyens d'y échapper. Le potassium projeté à la surface du liquide y court avec rapidité, déplacé qu'il est par le dégagement d'hydrogène; cet hydrogène enflammé par l'énorme chaleur que dégage la combustion du métal, brûle avec une lumière purpurine due à la vapeur de potassium qui l'accompagne. J'ai eu bien soin d'essuyer le morceau de potassium avant de m'en servir; j'ai enlevé ainsi l'huile de naphte qui le recouvrait. Malgré ces précautions vous entendez à la fin une décrépitation qui provient du contact subit de la potasse incandescente avec le liquide : il y a alors projection de potasse caustique, et l'expérimentateur peut être blessé, s'il s'approche imprudemment. C'est de cette manière que le célèbre Gay-Lussac perdit un œil. Le sodium exige de plus grandes précautions encore; il se laisse, en effet, très-facilement pénétrer par l'huile de naphte; ce liquide se réduisant en vapeur dans l'intérieur du globule de métal le fait éclater et en projette les fragments dans toutes les directions. Vous remarquez que le sodium ne s'enflamme pas comme le potassium; pour obtenir cette inflammation, il faut gêner les mouvements du globule, soit en le mettant sur une légère couche d'eau, soit en opérant avec de l'eau gommée : le refroidissement est alors moins rapide, et vous apercevez la couleur jaune caractéristique de la vapeur enflammée de ce métal.

Le potassium et le sodium une fois obtenus peuvent servir à la préparation d'autres métaux; ce sont les éléments réducteurs d'une métallurgie qui semble prendre aujourd'hui une très-grande importance, la métallurgie des *terres*. Les radicaux de la silice, de l'alumine, de la magnésie, c'est-à-dire les métaux *terreux* sont séparables en effet par le sodium. Toutefois ce métal n'agit pas d'une façon directe sur l'alumine et la magnésie; mais si l'on combine d'abord leurs radicaux avec le chlore en faisant agir ce gaz sur ces terres, l'affinité du sodium pour le chlore détermine la réduction. Voici un petit creuset de platine dans lequel nous avons mis un mélange de chlorure de magnésium et de sodium : nous chauffons et vous voyez aussitôt la réaction se produire avec dégagement considérable de chaleur et de lumière; si nous observons maintenant l'intérieur du creuset, nous y trouvons du sel marin et des globules de magnésium.

Cette métallurgie date d'expériences mémorables faites, en 1827, par M. Wöhler. Toutes les fois qu'on agit ainsi sur les chlorures des métaux terreux, on peut obtenir le métal correspondant; M. Wöhler l'a démontré pour beaucoup de métaux communs et rares, l'alumine et la zircone par exemple. C'est M. Bussy qui a obtenu de la sorte le magnésium. Depuis, ces procédés ont fait de très-grands progrès, et l'on trouve aujourd'hui dans le commerce des quantités fort considérables de magnésium et d'aluminium ainsi que de sodium.

Je ne me suis occupé jusqu'ici que de la réduction des oxydes métalliques, et je n'ai rien dit encore des sulfures; or, le soufre est un minéralisateur très-général dans la nature, et, par conséquent, un très-grand nombre de métaux sont retirés du sein de la terre à l'état de sulfures. Le traitement qu'on leur fait subir consiste à les transformer en oxydes : ce qui se fait très-facilement au moyen d'un simple *grillage*. C'est ainsi que le sulfure de zinc, la *blende* ne pouvant être réduite par l'hydrogène, on la chauffe au contact de l'air, ou autrement dit, on la *grille;* le soufre se dégage à l'état d'acide sulfureux, et il reste l'oxyde sur lequel on opère comme je l'ai précédemment indiqué. Il en est de même pour le cuivre dont l'oxyde est assez rare dans la nature et que l'on exploite partout à l'état de sulfure; on commence par transformer ce sulfure en oxyde, et c'est alors qu'on lui fait subir le contact réducteur du charbon pour en extraire le métal.

Je dois vous faire remarquer en terminant que si les métaux sont extraits de la terre sous la forme de combinaisons minérales, ils reviennent à la terre sous la même forme : le fer, que l'on exploite surtout à l'état d'oxyde, se détruit entre nos mains en devenant *rouille;* le cuivre que nous extrayons presque toujours d'un sulfure nous échappe par sa combinaison avec le soufre; et, quant aux métaux tels que l'or, que la nature nous fournit tout préparés et que nous appelons les métaux précieux, c'est par la seule usure et à l'état de particules imperceptibles qu'ils nous sont graduellement enlevés : de telle sorte que si vous voulez savoir comment nous nous procurons les divers métaux, il vous suffit d'observer la manière dont ils s'altèrent entre nos mains.

Digitized by Google

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### XXII (fin) et XXIII.

**Critique expérimentale des travaux relatifs au curare.**

Ne pouvant commencer immédiatement l'étude de la curarine pour laquelle les matériaux lui font encore défaut, M. Claude Bernard va faire une chose qu'il n'avait jamais jugé convenable de faire jusqu'ici. On pourrait lui dire que, relativement à l'action du curare, il y a dans la science des résultats différents de ceux qu'il expose, des opinions contraires à celles qu'il défend. Comment expliquer ces résultats divers? Comment concilier ces opinions opposées? M. Claude Bernard croit que le moment est venu de les discuter, et il peut le faire maintenant. C'est d'ailleurs un nouveau moyen d'étude qui s'offre à nous, et ce moyen ne doit pas être négligé.

Est-ce à dire cependant qu'un savant doive se mettre aussitôt en campagne et batailler sans trêve ni merci dès qu'un résultat différent de ceux qu'il a obtenus lui-même est exposé par une autre personne? Non, sans aucun doute. Mais en mettant à part toutes ces questions de personnes qui devraient être complétement bannies de la science, et en laissant entière à chacun la liberté de ses opinions, un travail de critique purement scientifique présente une utilité incontestable; il faut que ce travail se fasse un jour ou l'autre, car sans cela la science resterait encombrée d'une foule de faits contradictoires ou prétendus tels, que les auteurs postérieurs résumeraient tous, c'est-à-dire répéteraient indéfiniment en se copiant les uns les autres. Juger une opinion scientifique débattue n'est jamais chose facile, et l'on ne se soucie pas, le plus souvent, d'entreprendre de longues expériences dans le seul but de mettre deux savants d'accord. Il est bien plus agréable de trouver des faits nouveaux. La critique scientifique est donc souvent fort délaissée, et ses conditions peu connues.

Il faut d'abord poser un principe qui nous guidera dans toutes ces recherches : ce principe, c'est que, dans la physiologie comme dans les autres sciences, il y a un certain *déterminisme*, c'est-à-dire un rapport absolu et invariable entre certaines conditions et certains phénomènes, de telle sorte que les phénomènes se produisent toujours lorsque les conditions de leur manifestation sont réunies. On ne doit donc jamais admettre que des expériences négatives puissent renverser les expériences positives faites par un autre savant. Comment, en effet, prétendre qu'il n'a pas vu ce qu'il déclare avoir vu, à moins de le traiter d'imposteur? Et c'est là une hypothèse dans laquelle il ne faut jamais se placer, à priori. Dès qu'on admet l'existence réelle des résultats positifs allégués, toutes les expériences négatives du monde ne prouveront jamais qu'une chose, c'est qu'on opère dans des conditions différentes, et il ne restera plus alors qu'à chercher les conditions inconnues que présentaient les expériences positives.

On ne peut pas se dissimuler que la critique scientifique est difficile et qu'elle diffère, à tous les points de vue, de la critique littéraire. Tout le monde peut critiquer une œuvre littéraire, parce qu'il s'agit là surtout d'une affaire de goût et de sentiment ; il n'est pas besoin, pour parler de Corneille, d'avoir le même génie que lui. Au contraire, on ne peut critiquer sérieusement les travaux faits sur une question de science que lorsqu'on est capable de traiter soi-même cette question. Il ne s'agit plus là de sentiment, mais de connaissances précises; il faut reproduire, modifier ou retourner les expériences anciennes, et souvent en faire de nouvelles. C'est ainsi que procédera M. Claude Bernard dans cette critique expérimentale des travaux relatifs au curare, et, s'il entreprend cette étude, c'est qu'il est arrivé à une période de sa carrière où elle lui est permise et où il peut la faire utilement pour la science.

Nous avons maintenant à examiner, relativement au curare, quelques objections opposées aux doctrines qui ont été développées jusqu'ici dans ce cours, en même temps que quelques résultats qui ont été donnés comme différents des nôtres. Il importe beaucoup à la science d'éclaircir ces questions; car lorsqu'on commence à étudier expérimentalement un point déterminé, on est entouré d'obscurités de tout genre, au milieu desquelles il est bien difficile de se guider, d'autant plus que les points voisins sont souvent eux-mêmes fort mal étudiés. Il est donc indispensable pour les personnes qui n'étudient point elles-mêmes expérimentalement un point donné qu'on critique avec soin les travaux relatifs à ce point. Car la science s'obscurcit et s'embrouille si l'on se borne à consigner tous les résultats contradictoires sans les critiquer.

Mais dans des critiques de ce genre il faut suivre des vues purement scientifiques, et surtout ne pas chercher à contredire telle expérience ou telle théorie. Or, nous devons le reconnaître, il y a des hommes qui font surtout des travaux pour contredire ceux des autres. Ils croient que critiquer est synonyme de contredire; c'est là une très-mauvaise tendance pour la critique scientifique. Quand dans des recherches on obtient des résultats différents de ceux qu'a exposés auparavant un autre expérimentateur, ce qui vaudrait le mieux, ce serait d'aller le trouver, si c'est possible, pour lui demander de répéter ses expériences ou d'assister lui-même aux expériences nouvelles qu'on a instituées. Si les savants procédaient toujours ainsi, il y aurait dans la science bien moins de résultats opposés

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21 et 22.

Digitized by Google

et de débats contradictoires : on finirait presque toujours par tomber d'accord. Mais il est loin d'en être ainsi; et, pour son compte M. Claude Bernard a été très-souvent contredit; il ne le trouve pourtant pas mauvais, si la science en profite; mais il a été souvent contredit de propos délibéré, sans que la science y gagne rien. Ainsi, à propos de ses recherches sur la fonction glycogénique du foie, M. Claude Bernard vit un jour l'exactitude des résultats qu'il avait obtenus, formellement contestée dans un mémoire lu à l'Académie ; et, comme il disait en sortant à l'auteur de ce mémoire, qu'il aurait dû venir dans son laboratoire où il aurait vu ces faits qu'il ne voulait pas reconnaître, celui-ci lui répondit : « Je ne pouvais aller vous voir puisque je voulais vous contredire.»

Il est peu de substances qui aient donné lieu à autant de recherches que le curare. Les ouvrages écrits sur ce poison formeraient à eux seuls plusieurs volumes, et Johannes Müller en a donné la liste dans l'article *Worara* d'un dictionnaire encyclopédique publié à Berlin : les personnes qui désireraient avoir ces indications pourront donc les trouver là.

Mais, comme on le pense bien, nous ne pouvons pas analyser ici tous ces travaux : ce serait un travail interminable et complétement inutile. Il y a, en effet, deux périodes à distinguer dans l'histoire du curare. Dans la première qui commence avec Raleigh qui rapporta le premier ce poison en Europe, en 1595, on constata seulement que le curare est un poison, et l'on broda sur ses propriétés particulières mille choses merveilleuses; c'est en quelque sorte l'époque fabuleuse du curare.

La seconde période, qui commence avec les relations de MM. de Humboldt, Boussingault et Boultes, etc., est remplie par des travaux sérieux et imposants. Mais j'ai été le premier à caractériser, en 1844, l'action physiologique élémentaire propre au curare, en montrant qu'il détruisait le système nerveux moteur et respectait les propriétés des muscles et des autres éléments histologiques. Après avoir ainsi analysé les effets physiologiques du curare, j'ai présenté ce poison comme un moyen de résoudre la question depuis si longtemps débattue de l'*irritabilité hallérienne*, c'est-à-dire la question de savoir si les fibres musculaires sont contractiles par elles-mêmes, ou si elles empruntent leur contractilité aux filets nerveux qui pénètrent leur masse. Le curare détruisant les propriétés des nerfs moteurs, et laissant cependant aux muscles leur contractilité ordinaire, à condition de mettre cette contractilité en évidence par un irritant convenable comme l'électricité, le curare résolvait la question dans le sens de Haller et prouvait l'indépendance physiologique des nerfs et des muscles.

Nous ne nous occuperons ici, dans notre critique expérimentale, que des recherches postérieures aux nôtres et entreprises dans le même esprit, c'est-à-dire au point de vue de la détermination des effets propres du curare sur les éléments organiques.

C'est en 1844 que je fis mes premières recherches; j'ai présenté à l'Académie des sciences des expériences sur le curare faites en commun avec M. Pelouze qui devait se charger de la partie chimique du travail; mais d'autres préoccupations l'empêchèrent de donner suite à ce projet. Dans ce travail j'exposais les effets du curare sur les nerfs, résultats que je démontrais souvent dans les cours que je faisais alors dans cette chaire que j'occupais comme suppléant de Magendie.

En 1855, je montrai le moyen de produire artificiellement le diabète avec le curare.

Enfin, en 1856, je professais dans cette chaire des *leçons sur les substances toxiques et médicamenteuses*, dont une partie fut consacrée à l'étude physiologique du curare.

Ces travaux avaient attiré l'attention sur le curare; plusieurs physiologistes, en Allemagne et en France, répétèrent ces expériences et en modifièrent plus ou moins les circonstances. Il a donc paru depuis cette époque un grand nombre de travaux relatifs aux propriétés singulières et si intéressantes du curare, surtout à son action sur les nerfs moteurs. En France, nous devons citer particulièrement les travaux de M. Alvaro Reynoso, qui s'est occupé surtout des propriétés chimiques du curare et de son contrepoison; ceux de M. Vulpian; et enfin ceux de MM. Martin-Magron et Buisson qui prétendent identifier les effets du curare avec ceux de la strychnine. En Allemagne, nous devons citer les recherches de MM. Kölliker, Funke, Kühne, Bezole, etc. M. Pélikan, professeur de toxicologie à Saint-Pétersbourg, a fait également des travaux sur le curare, soit seul, soit avec M. Kölliker.

Il faut d'abord rappeler ici notre expérience fondamentale, que nous allons reproduire de nouveau sous vos yeux. Une grenouille à laquelle on injecte du curare sous la peau tombe bientôt frappée d'une paralysie, qui semble, au premier abord, atteindre la sensibilité aussi bien que la faculté motrice. Tous ses membres sont flasques, et l'on a beau la pincer et l'exciter, elle ne manifeste aucune douleur visible et n'effectue aucun mouvement. Voilà pour les caractères extérieurs de la mort par le curare, caractères que nous vous avons du reste montrés bien des fois déjà.

Voyons maintenant ce que nous révèle l'autopsie pratiquée immédiatement après la mort. Et ici, nous entendons par mort la cessation des mouvements respiratoires. Cela n'est pas inutile à dire, car la mort est très-difficile à définir, et il faut d'ailleurs distinguer la mort de l'organisme dans son ensemble et la mort des tissus. C'est exclusivement de la mort de l'organisme que nous parlons ici, c'est-à-dire de la mort qui arrive quand les mouvements respiratoires cessent; car les tissus, ou du moins la plupart d'entre eux possèdent encore leur vitalité propre.

En ouvrant la grenouille, nous voyons effectivement que son cœur continue encore à battre, et si l'on examine l'état des divers tissus de l'organisme, on constate faci-

Digitized by Google

lement que les propriétés des nerfs moteurs ont disparu, mais que celles du muscle sont restées intactes.

Cette première expérience qu'on peut appeler fondamentale est-elle admise par tout le monde? La plupart des physiologistes en ont complétement accepté les résultats.

Quelques auteurs ont cependant présenté des résultats qui ne paraissaient pas en harmonie complète avec les nôtres.

M. Pélikan, notamment, dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences de Paris en 1857, dit qu'il a obtenu quelquefois des résultats conformes à ceux de M. Claude Bernard, en ce qu'il a vu la propriété du nerf moteur éteint aussitôt après la mort, mais que quelquefois aussi il a vu des résultats différents, et trouvé que le nerf ne s'éteignait qu'un certain temps après la mort. La conclusion toute naturelle est que M. Pélikan est d'accord avec M. Claude Bernard dans les cas où les résultats sont conformes, et qu'il ne l'est point pour les cas où les résultats diffèrent. Mais une pareille conclusion n'avancerait en rien la science; nous avons dit bien souvent ici qu'il n'y avait pas de statistique admissible en matière de science expérimentale. Dire qu'une chose se produit dans vingt cas, et ne se produit pas dans vingt autres, c'est avouer qu'on ignore les conditions exactes de la production des phénomènes. Il n'y aurait plus de déterminisme scientifique, si les résultats pouvaient être différents quand les conditions sont identiques. Une doctrine qui admettrait de pareilles idées ne serait donc pas autre chose que la négation même de la science. Lorsqu'il y a sur une question des résultats qui paraissent contradictoires, on doit chercher à les expliquer en déterminant les différences de conditions qui avaient d'abord passé inaperçues.

Ce que dit M. Pélikan de la non-destruction constante des propriétés nerveuses motrices aussitôt après la mort M. Vulpian l'admet également, ainsi que MM. Martin-Magron et Buisson. M. Vulpian (*Gazette hebdomadaire*, 1861, tome VIII, page 350, n° 21) va même plus loin. Il fait, pour ainsi dire, des catégories dans le règne animal. Suivant lui, les propriétés du nerf moteur seraient complétement détruites par le curare chez les batraciens et chez les reptiles, mais chez les mammifères la mort se ferait par un mécanisme différent, qui n'amènerait pas les mêmes effets sur les nerfs. J'admets les faits émis par M. Vulpian, ainsi qu'on le verra bientôt; mais je ne saurais partager sa manière de voir. Il n'y a point chez les grenouilles et chez les mammifères des manières de mourir ou des manières de vivre différentes. L'essence des phénomènes vitaux reste la même chez tous les êtres; il peut seulement y avoir des degrés de vitalité variables et des complications d'organisme plus ou moins grandes.

Il est, du reste, facile de répondre à ces objections, et de prouver que le curare détruit toujours très-rapidement, quel que soit l'animal sur lequel on opère, les propriétés vitales des nerfs moteurs, quand on emploie une dose suffisante de matière toxique. Mais lorsque la dose est trop faible, voici ce qui arrive. Le curare ne paralyse qu'incomplétement les divers nerfs moteurs; assez pour tuer l'animal, comme nous l'expliquerons plus tard, mais pas assez pour éteindre leur irritabilité tout entière: ce qui fait que quand on excite leurs troncs avec l'électricité, on trouve que l'excitation produit encore des contractions musculaires. L'animal est tombé paralysé, parce que la volonté, ni les actions réflexes ordinaires et respiratoires, n'ont plus d'action sur l'extrémité centrale des nerfs moteurs, bien que leurs troncs et leur périphérie aient encore conservé leur propriété à l'excitabilité électrique, c'est-à-dire ne soient pas encore morts. Mais si l'on avait donné une forte dose de curare, et si l'on avait injecté la dose dans les veines, au lieu de l'introduire sous la peau, le nerf serait mort très-rapidement, et en ouvrant l'animal au moment même où il tombe paralysé, on aurait trouvé tous ses nerfs parfaitement tués par l'action du curare dans toute leur étendue; mais comme la dose était faible, le nerf est mort beaucoup plus lentement, et, bien que déjà paralysé à la volonté, à son extrémité centrale, il peut encore être excitable par l'électricité, dans son tronc ou à la périphérie.

Toutes ces variations dans la rapidité de la mort du nerf moteur se ramènent donc à une question de dose; si les effets ne différaient pas suivant la dose de matière toxique que l'on donne, il n'y aurait pas de médicament. On arrive donc à dire que la mort immédiate de nerfs moteurs se produit non pas un certain nombre de fois seulement, vingt fois sur trente, par exemple, mais qu'elle se produit toujours ou qu'elle ne se produit jamais, suivant qu'on donne une certaine dose, ou qu'on en donne une autre. Voilà le déterminisme auquel il faut chercher à arriver dans l'étude de toutes les questions physiologiques : *toujours* ou *jamais*. L'exception est anti scientifique, si on l'admet comme nécessaire; elle montre seulement qu'on ne connaît pas les véritables conditions du phénomène, ou du moins qu'on ne les connaît pas toutes.

Il nous reste à montrer par expérience l'exactitude de ces explications, que nous venons de donner. Voici un lapin et une grenouille que nous empoisonnons avec excès de matière toxique. La grenouille qui reçoit sous la peau 2 milligrammes de curare de Para, est empoisonnée presque subitement. Sur ce lapin, nous injectons 1 centigramme de curare, c'est-à-dire à peu près cinq fois la quantité rigoureusement nécessaire pour le tuer. Aussi, au lieu d'être pris des effets toxiques au bout de dix minutes seulement, comme cela a lieu d'ordinaire, quand on lui donne la dose limitée, il tombe trois minutes après l'injection, et au bout de huit minutes, il est tout à fait mort. On voit se produire chez ce lapin, au moment où il meurt, des mouvements bien nets dans les peauciers. C'est là en effet un symptôme



Digitized by Google

assez constant; mais ces mouvements particuliers diffèrent beaucoup des convulsions, et n'ont aucun rapport avec les convulsions qui se produisent sous l'influence de la strychnine; ce sont des espèces de frissonnements.

Voici maintenant l'autopsie de nos deux animaux, et vous voyez que les nerfs ont perdu leur irritabilité chez le lapin comme chez la grenouille. Quant aux muscles, il n'y a aucune espèce de variation; et, que la dose de curare soit faible ou forte, ils conservent toujours intacte leur irritabilité ordinaire. Sur le chien, il en serait de même si nous lui donnions une forte dose de curare, ou mieux, si nous lui injections le poison dans les veines.

Toutes les contradictions sont donc levées. Les résultats qu'on nous opposait sont exacts comme faits, et on ne les avançait évidemment que parce qu'on les avait observés. Mais vous venez de voir qu'on ne les obtenait qu'en se plaçant dans des conditions spéciales que nous venons de déterminer.

On a encore répété en Allemagne notre expérience fondamentale de l'empoisonnement des nerfs moteurs par le curare; mais, parmi les savants qui l'ont répétée, il en est qui, tout en reconnaissant le fait, n'ont pas admis les conséquences que nous en avons déduites.

Nous avons admis que le curare détruisant les propriétés des nerfs en respectant celles des muscles, prouvait d'une manière irréfragable la distinction physiologique de ces deux ordres de propriétés vitales élémentaires. Certains physiologistes allemands, parmi lesquels je citerai MM. Eckardt et Fünke, ont cependant conservé des doutes sur ce point; tout en admettant l'exactitude de l'expérience sur la grenouille que nous avons montrée si souvent. M. Eckardt, par exemple, a assisté lui-même autrefois à ces expériences dans le laboratoire du Collége de France, et il reconnaît l'exactitude comme fait. Mais il pense que rien ne prouve que les propriétés de la fibre nerveuse ne soient pas détruites seulement jusqu'à l'entrée de cette fibre dans le muscle, de sorte que l'extrémité nerveuse continuerait à réagir sur le muscle pour le faire contracter, quand on porte l'excitant électrique sur le tissu musculaire lui-même.

Nous considérons que cette objection repose sur une hypothèse que rien ne prouve jusqu'à présent. M. Fünke pense aussi que le muscle n'a pas sa propriété indépendante du nerf, et que, si le nerf n'a plus la possibilité de réagir quand on irrite un tronc nerveux après l'empoisonnement par le curare, c'est que le poison agit sur la fibre musculaire elle-même, ou plutôt sur son union avec la fibre nerveuse, de manière à empêcher la transmission de l'agent nerveux du tronc nerveux au muscle. Il admet, par conséquent, que c'est seulement l'extrémité du nerf moteur qui est atteinte, mais que son tronc est intact. M. Vulpian, en France, partage la même opinion.

Parmi ses arguments, M. Fünke donne pour preuve que le nerf ayant conservé ses propriétés électriques ou électro-toniques, il doit être considéré comme non empoisonné. Quant à cet argument, on pourrait répondre que, l'expérience étant faite sur un tronc du nerf mixte, rien ne prouve que l'action électro-tonique ne vienne pas des fibres sensitives respectées par le curare. Mais nous verrons plus tard que cet argument n'a pas la valeur qu'on lui attribue, et que d'ailleurs le tronc du nerf moteur est bien mort lorsque son excitation cesse de faire contracter le muscle dans lequel il se rend. M. Kölliker a répondu aux objections citées plus haut de M. Eckardt en insistant sur ce fait, que c'est précisément par l'extrémité du nerf que se produit l'action du curare. En effet, il faut que le poison arrive à toucher l'extrémité du nerf moteur pour produire son empoisonnement; nous verrons cependant que ce n'est par son extrémité périphérique que le nerf perd ses propriétés de réagir sur le muscle, mais bien par son extrémité centrale, comme dans la mort physiologique de ce nerf. Nous savons, du reste, aussi que les propriétés musculaires n'ont subi aucune variation dans leur intensité sous l'influence du curare, et que, sur un animal empoisonné par le curare, comme sur un animal sain, l'irritabilité du tissu musculaire est moins grande que celle du tissu nerveux moteur; ce qui tendrait encore à établir une distinction entre les deux propriétés nerveuse et musculaire.

L'électricité est à la fois un irritant du nerf et un irritant du muscle; mais le nerf est plus sensible que le muscle à cette irritation, de sorte qu'il suffit pour lui d'un courant moins intense que celui qui serait nécessaire pour un muscle. Or, dans le muscle, il y a aussi des filets nerveux qui s'y ramifient, et, si l'on porte l'irritation électrique à l'endroit où ces filets existent en quantité notable, ils seront excités en même temps que les fibres musculaires elles-mêmes, et ils réagiront sur elles, de sorte que leur contraction se fera avec une plus grande facilité. Supposez, au contraire, que l'animal ait été empoisonné par le curare, et ces filets nerveux se trouvant détruits, la contraction devra se faire avec un peu moins d'intensité. Cela ne prouvera pas une diminution d'intensité dans l'irritabilité musculaire sous l'influence du curare, mais seulement l'empoisonnement des extrémités des nerfs moteurs qui s'y distribuent. Mais si l'on applique le courant électrique dans un endroit d'un muscle où il n'y ait pas de filets nerveux, il n'y aura plus aucune différence entre l'animal sain et l'animal empoisonné par le curare. M. Kühne a fait des expériences de ce genre, notamment sur les muscles couturiers de la grenouille. On avait, du reste, indiqué depuis longtemps déjà des endroits particuliers de certains muscles qui étaient plus particulièrement sensibles à l'irritation d'un courant électrique. On a montré que ces régions du muscle étaient précisément celles où se trouvaient les filaments nerveux moteurs les plus nombreux qui pénètrent dans le muscle.

Il est facile de voir que cette diminution de la contractilité des muscles d'un animal empoisonné par le

Digitized by Google

curare, dans les régions de ces muscles immergés par des filets nerveux moteurs, prouve que les parties extrêmes des nerfs n'ont pas échappé à l'action du curare, comme on l'a prétendu. De sorte que nous concluons que le curare est une substance qui empoisonne le nerf moteur exclusivement, et qui lui enlève complétement ses propriétés physiologiques tandis qu'il respecte celles de la fibre musculaire. D'où nous concluons que ces deux propriétés sont distinctes et que le curare en est un excellent moyen pour démontrer cette vérité.

---

M. Claude Bernard avait montré depuis longtemps que le curare ne produit son action toxique spéciale sur le nerf moteur qu'à la condition de toucher l'extrémité périphérique de ce nerf. Dans sa leçon de mercredi dernier, il a développé de nouvelles expériences faites à ce sujet, et d'où il résulte que, bien que le nerf moteur soit atteint par le poison par son extrémité musculaire ou périphérique, c'est cependant par son extrémité médullaire ou centrale qu'il commence à perdre ses propriétés, qui s'éteignent ensuite du centre à la périphérie, comme dans la mort physiologique du nerf moteur. L'effet du curare sur l'extrémité périphérique du nerf moteur est de le décrocher, en quelque sorte, de la moelle épinière, après quoi il perd sa propriété de réagir à l'excitation électrique successivement jusqu'à sa terminaison, d'autant plus lentement que l'empoisonnement est plus lent, et brusquement si l'empoisonnement est à forte dose et rapide. Ces expériences sont très-lumineuses en ce qu'elles expliquent très-bien comment un nerf moteur qui n'obéit plus à l'action volontaire ni réflexe, puisqu'il est décroché de son centre, agit encore sous l'influence de l'électricité quand on l'excite sur son trajet. Mais ces expériences établissent aussi que le nerf moteur est paralysé par le curare dans toute son étendue, et non pas seulement à son extrémité, par laquelle l'action toxique se produit. M. Claude Bernard avait souvent insisté, dans son cours, sur ce point que les nerfs de la vie animale sont paralysés par le curare avant les nerfs de la vie organique; que le nerf sciatique, par exemple, est paralysé à l'excitation électrique bien avant le nerf sympathique uni au pneumogastrique. M. Claude Bernard a constaté que, dans les morts rapides par vivisection, par hémorrhagie ou par asphyxie, c'est le contraire qui a lieu, c'est-à-dire que le nerf sympathique uni au vague est paralysé dans son action oculo-pupillaire bien avant le nerf sciatique. Tous ces faits, qui nous font entrevoir de nouveaux problèmes à poursuivre dans l'union des nerfs avec les centres nerveux, seront ultérieurement exposés à leur place dans la publication de la leçon de mercredi. Mais nous n'avons pas voulu attendre la publication de cette leçon pour les faire connaître à nos lecteurs.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ZOOLOGIE (1).

### COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

### V.

**Histoire des classifications du règne animal : Cuvier et ses successeurs.**

A l'époque où Cuvier entra en scène, Buffon, le dernier survivant de ces grands noms avec lesquels Linné avait eu tant à lutter, Buffon disparaissait lui-même. Il mourut en 1788; mais déjà des naturalistes non moins illustres ouvraient à la science une ère nouvelle : Lamarck venait d'entrer à l'Académie, et Antoine-Laurent de Jussieu imprimait le fameux ouvrage du *Genera plantarum*, dont Cuvier a dit qu'il avait fait dans les sciences d'observation une époque peut-être aussi importante que la chimie de Lavoisier dans les sciences d'expérience.

En même temps, Fichte et Schelling fondaient l'école des philosophes de la nature, qui compta parmi ses disciples Gœthe, Oken et Geoffroy Saint-Hilaire. Cuvier se trouvait ainsi entre deux courants : d'un côté la méthode naturelle avec les Jussieu, de l'autre la philosophie. Nous verrons dans quel sens il s'est dirigé.

Cuvier disait : « Je ferai le règne animal à coups de monographies. » Il n'aborda point en effet les grandes questions avant d'avoir fait de longues études spéciales; sa magnifique *Monographie des Mollusques* suffirait seule à le prouver. Nous allons voir à quels immenses résultats ces études ont abouti.

On a vu plus haut comment, en se fondant sur les caractères tirés du cœur, Linné avait divisé les animaux en six groupes : *Mammalia*, *Aves*, *Amphibia*, *Pisces*, *Insecta*, *Vermes*. Il ne nous est point difficile de voir aujourd'hui quelles erreurs énormes renferme cette classification, puisqu'elle nous montre rapprochés des animaux évidemment très-peu comparables, tels qu'un Poulpe et une Méduse, une Huître et une Actinie. Il manqua à Linné ce critérium (savoir juger) qui fut fourni à Cuvier par Laurent de Jussieu, et dont l'application a produit ce grand monument à jamais impérissable qu'on appelle le *Règne animal*. Pour mieux saisir la nature du principe qui guida les de Jussieu et leur permit d'arriver aux familles naturelles, faisons une petite excursion en botanique.

Semons des graines et observons les germes : nous verrons que tantôt elles développent une feuille primordiale unique, que tantôt elles en développent deux; comme ces premières feuilles sont appelées des cotylédons, on dit que certaines plantes sont *monocotylédones*, d'autres *dicotylédones* (nous ne parlons pas ici, bien entendu, des végétaux *inembryonnés* que l'on appelle aussi *acotylédones*). Or, ce caractère de la graine de germer avec une ou deux feuilles est dominateur, c'est-à-dire qu'il en entraîne après lui une foule d'autres d'une manière forcée. C'est ainsi que si nous venons à déchirer une feuille de Canne à sucre, ou bien ces feuilles d'Iris dont la forme rappelle celle d'une lame de sabre, la déchirure se poursuivra sans difficulté, d'un bout à l'autre, avec une parfaite régularité; c'est que là les nervures sont toutes disposées parallèlement entre elles et à la longueur de la feuille, et ce caractère est commun à toutes les plantes monocotylédones (à quelques très-rares exceptions près). Mais s'il s'agit au contraire d'une feuille de Mauve, ou de Chou, et en général d'une dicotylédone quelconque, les deux bords de la déchirure seront irré-

(1) Voy. les nos 6, 9, 15 et 21.

Digitized by Google

guliers, dentelés, à cause de la disposition réticulée des nervures.

La tige nous présente des différences non moins considérables et non moins profondes : dans les plantes dicotylédones en effet, les divers éléments de l'écorce, de l'aubier, du bois, sont disposés autour du centre dans un ordre de succession parfaitement régulier, et c'est même là ce qui fait qu'on peut lire sur la section du tronc d'un de nos arbres forestiers l'âge auquel cet arbre était arrivé au moment où il a été abattu. Dans les monocotylédones, il n'en est point de même; et la tige du Palmier, par exemple, ne présente aucune apparence de couches concentriques.

Enfin, à la seule vue d'une fleur, on peut presque décider si la plante qui l'a produite est sortie d'un embryon dicotylédone ou monocotylédone. Le type 3 est général aux plantes monocotylédones : c'est ainsi qu'une Tulipe, par exemple, nous présente deux verticilles de trois pétales, deux verticilles de trois étamines et un ovaire à trois loges. Le type 5, au contraire, est le plus fréquent chez les dicotylédones, comme les Géraniums nous en offrent un excellent exemple.

Les détails qui précèdent nous montrent comment un seul caractère peut en faire deviner un certain nombre d'autres, et comment ceux-ci sont subordonnés au premier; on voit en même temps que pour classer soit les animaux, soit les végétaux, l'important est de choisir parmi les caractères de ces êtres ceux dont la valeur est plus grande et la portée plus vaste. C'est précisément là ce que Linné ne sut pas faire; il comprit ce qu'il y avait à faire, il ne sut pas l'exécuter. On a vu effectivement que ce grand naturaliste prit son caractère dominateur dans l'organisation du cœur et du sang : il se trompa, puisque ce caractère le conduisit, par une série de déductions logiques, à faire des mammifères et des oiseaux deux classes égales en valeur et valant chacune autant que la grande division des Vers.

C'est à Cuvier qu'il était réservé de mettre la main sur le caractère dominateur par excellence, celui que fournit le système nerveux.

« Il s'agit de savoir, dit-il dans son Introduction au *Règne animal*, quels sont, dans les animaux, les caractères les plus influents dont il faudra faire les bases de leurs premières divisions. Il est clair que ce doivent être ceux qui se tirent des fonctions animales, car non-seulement ils font de l'être un animal, mais ils établissent en quelque sorte le degré de son animalité. »

Le système nerveux est ici bien nettement indiqué, car tout le monde sait que c'est lui qui est le centre pour les fonctions animales, tandis que le cœur est le centre pour les fonctions végétatives.

Or, il est des animaux, — l'homme et ceux qui ont avec lui le plus de ressemblance, — chez lesquels le cerveau et le système nerveux central sont renfermés dans une boîte osseuse formée par le crâne et les vertèbres. Cuvier réunit ces animaux dans un même embranchement, celui des *Vertébrés*.

Chez d'autres, point de squelette : le système nerveux est pour ainsi dire mélangé aux viscères, et se compose de masses éparses réunies par des filets nerveux; l'ensemble de ces êtres constitue le second embranchement, celui des *Mollusques*.

Le troisième, celui des *Articulés*, comprend les animaux chez lesquels le système nerveux consiste en deux longs cordons placés le long du ventre et renflés, de distance en distance, de ganglions. Le corps est divisé en anneaux, à chacun desquels correspond en général un couple de ces ganglions.

Enfin, les animaux qui constituent l'embranchement des *Rayonnés* n'ont pas de système nerveux bien distinct, ou même le plus souvent n'en ont pas de visible; mais ils sont caractérisés par la disposition circulaire des divers organes autour d'un centre.

Voici le tableau général de cette classification dans le *Règne animal* de Cuvier :

**Ier Embranchement.**

ANIMAUX VERTÉBRÉS....
- MAMMIFÈRES.
- OISEAUX.
- REPTILES.
- POISSONS.

**IIe Embranchement.**

ANIMAUX MOLLUSQUES ..
- CÉPHALOPODES.
- PTÉROPODES.
- GASTÉROPODES.
- ACÉPHALES.
  - TESTACÉS.
  - TUNICIENS.
- BRACHIOPODES.
- CIRRHOPODES.

**IIIe Embranchement.**

ANIMAUX ARTICULÉS ....
- ANNÉLIDES.
- CRUSTACÉS.
- ARACHNIDES.
- INSECTES.

**IVe Embranchement.**

ANIMAUX RAYONNÉS ....
- ECHINODERMES.
- INTESTINAUX (VERS).
- ACALÈPHES.
- POLYPES.
  - ANTHOZOAIRES.
  - BRYOZOAIRES.
  - CORALLINES.
- INFUSOIRES.

Si nous comparons maintenant cette classification à celle de Linné, nous voyons que les *Vers* de ce dernier naturaliste comprennent tous les *Mollusques* et tous les *Rayonnés* de Cuvier, car il faut bien remarquer que les *Insectes* de Linné ne sont pas ce que l'on appelle les *Insectes* aujourd'hui; ils correspondent à l'ensemble des animaux *articulés*.

La classification de Cuvier est fondée, on le voit, sur l'anatomie d'une manière exclusive, peut-être même trop exclusive. On lit en effet dans les premières pages de l'*Introduction* déjà citée :

« Pour que chaque être puisse toujours se reconnaître dans ce catalogue, il faut qu'il porte son caractère avec lui : on ne peut donc prendre les caractères dans des propriétés ou dans des habitudes dont l'exercice soit momentané, mais ils doivent être tirés de la conformation. »

Digitized by Google

Ces lignes expriment une erreur, car elles bannissent l'emploi, dans la classification, des caractères fournis par les organes transitoires, et nous savons au contraire aujourd'hui que l'étude des phases successives du développement des animaux peut être d'une immense utilité pour le zoologiste classificateur : c'est ainsi, par exemple, que cette étude seule pouvait montrer l'identité des Méduses et des Sertulariens dont Cuvier avait fait et devait faire deux groupes distincts; c'est encore ainsi que la considération de l'existence ou de l'absence d'un allantoïde chez les animaux supérieurs a fourni à M. Edwards la division si naturelle de ces animaux en Vertébrés *allantoïdiens* (Mammifères, Oiseaux) et Vertébrés *anallantoïdiens* (Reptiles, Poissons).

Avant Cuvier, Lamarck avait eu déjà l'excellente idée de partager les animaux en Vertébrés et Invertébrés, puis, jugeant que les deux coupes ainsi obtenues étaient trop inégales, puisque la première renfermait à peine le dixième des animaux connus, il divisa les Invertébrés en deux nouvelles coupes naturelles, et se servit pour cela de la considération du système nerveux, mais sans en tirer, on va le voir, les mêmes avantages que Cuvier; il eut le tort en effet, au lieu de tenir compte de la seule conformation anatomique de l'organe, de prendre les caractères dans la fonction de cet organe, et il créa de la sorte la division des animaux intelligents, celle des animaux sensibles et celle des animaux apathiques. Voici du reste le tableau de la classification de Lamarck :

ANIMAUX SANS VERTÈBRES.

**Animaux apathiques :** Ils ne sentent point et ne se meuvent que par leur irritabilité excitée.

INFUSOIRES.
POLYPES.
RADIAIRES.
VERS.

**Animaux sensibles :** Ils sentent, mais n'obtiennent de leurs sensations que des *perceptions* des objets.

INSECTES.
ARACHNIDES.
CRUSTACÉS.
ANNÉLIDES.
CIRRIPÈDES.
MOLLUSQUES.

ANIMAUX VERTÉBRÉS.

**Animaux intelligents :** Ils sentent, acquièrent des idées convenables, exécutent des opérations entre ces idées, qui leur en fournissent d'autres.

POISSONS.
REPTILES.
OISEAUX.
MAMMIFÈRES.

Nous remarquerons d'abord que rien n'autorise à penser qu'un Ver soit incapable de sentir et qu'il en soit de même d'une Actinie; ces animaux paraissent au contraire doués d'une sensibilité fort distincte, quoique chez certains d'entre eux il n'ait point encore été possible de découvrir un système nerveux. Quant aux facultés intellectuelles, il est bien certain qu'elles sont extrêmement bornées chez les Poissons, et assurément ce n'est point sous ce rapport que ces animaux méritent d'occuper dans l'échelle des êtres une place plus élevée que les Insectes, les Arachnides ou les Crustacés. Aussi la distinction des animaux en apathiques, sensibles et intelligents, fut-elle complétement oubliée aussitôt que le génie de Cuvier, saisissant les véritables rapports des êtres et la véritable valeur des caractères de leur organisation, eût transformé et consolidé par l'exposition des faits les plus positifs le changement déjà si notable que Lamarck avait fait à la distribution de Linné.

De nombreuses et nouvelles classifications ont été proposées, nous indiquerons rapidement les plus importantes, et ce simple exposé nous montrera qu'en définitive rien ne saurait remplacer aujourd'hui le *Règne animal* de Cuvier.

Toutes ces classifications diverses lui sont souvent inférieures dans les détails, et sont pour ainsi dire calquées sur lui quant à l'ensemble; de sorte que ces essais, bien loin de constituer une critique de la grande œuvre de Cuvier, sont au contraire un éclatant témoignage du génie qui l'a produite.

*Classification de Van Baer.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Type périphéri... | *...idiata.* | | |
| Type massif..... | *Mollusca.* | | |
| Type longitudinal.. | *Articulata.* | | |
| Type bisymétrique. | *Vertebrata.* | Franges branchiales. | POISSONS. AMPHIBIES. REPTILES. |
| | | Un allantoïde..... | OISEAUX. MAMMIFÈRES. |

Les qualifications de périphérique, massif, etc., se rapportent à l'état et au mode de développement de l'embryon; les franges branchiales, l'allantoïde, sont aussi des parties qui s'observent pendant la durée de la vie embryonnaire; on voit donc que cette classification est basée sur l'embryogénie et qu'elle est exclusivement physiologique, tandis que celle de Cuvier est au contraire uniquement fondée sur l'anatomie; elle conduit d'ailleurs exactement aux mêmes divisions, et il est même bien probable que la connaissance préalable du *Règne animal* n'a point été à Van Baer d'un faible secours. Dans tous les cas, il est fort remarquable de voir une distribution identique résulter de la considération de caractères très-différents.

*Classification de M. Van Beneden.*

| | |
|---|---|
| HYPOCOTYLÉS ou HYPOVITELLINS.. | MAMMIFÈRES<br>OISEAUX.<br>REPTILES.<br>BATRACIENS.<br>POISSONS. |
| ÉPICOTYLÉS ou ÉPIVITELLINS..... | INSECTES.<br>MYRIOPODES.<br>ARACHNIDES.<br>CRUSTACÉS. |
| ALLOCOTYLÉS ou ALLOVITELLINS. (MOLLUSCO-RADIÉS)..... | MOLLUSQUES.<br>VERS.<br>ÉCHINODERMES.<br>POLYPES.<br>RHIZOPODES.<br>INFUSOIRES. |

Les Hypovitellins sont ceux des animaux chez lesquels la vésicule vitelline est suspendue à la face ventrale de

Digitized by Google

l'embryon ; les Épivitellins, au contraire, ceux chez lesquels cette vésicule tient à la face dorsale. Quant au troisième groupe, il est fort vaguement défini, puisque le terme *allovitellins* ne peut indiquer qu'une chose : c'est que le vitellus est placé ici autrement que dans les cas précédents. Cette classification laisse beaucoup à désirer; outre qu'elle n'est pas claire, elle est encore quelquefois erronée, car il n'est pas exact que tous les Crustacés soient épivitellins.

*Classification d'Agassiz.*

- ANIMAUX..
  - RADIÉS.....
    - Polypes.
    - Acalèphes.
    - Échinodermes.
  - MOLLUSQUES..
    - Acéphales.
    - Gastéropodes.
    - Céphalopodes.
  - ARTICULÉS...
    - Vers.
    - Crustacés.
    - Insectes.
  - VERTÉBRÉS...
    - Cyclostomes.
    - Poissons proprement dits.
    - Ganoïdes.
    - Sélaciens.
    - Amphisiens.
    - Reptiles.
    - Oiseaux.
    - Mammifères.

Ce tableau qui, comme les précédents, nous montre les anciennes divisions de Cuvier reparaissant sans cesse sous les mêmes noms, ou plus ou moins déguisées, est intéressant à un point de vue particulier; il nous frappe en effet tout d'abord par le nombre considérable des divisions que l'auteur établit dans l'embranchement des Vertébrés, et si nous procédons par élimination nous voyons aussitôt que : aux *Poissons* de Cuvier correspondent pour M. Agassiz : les *Cyclostomes*, les *Poissons proprement dits*, les *Ganoïdes*, les *Sélaciens*, et les *Amphisiens*.

Ainsi les Ganoïdes, par exemple, et les Sélaciens, feraient deux classes aussi distinctes entre elles que le sont celles des Reptiles et des Oiseaux; ainsi une Perche et un Requin seraient aussi éloignés qu'un Moineau et une Couleuvre. Cela n'est point soutenable. Mais le fait s'explique : M. Agassiz a étudié avec un soin tout particulier et un remarquable succès la grande classe des Poissons; dans sa classification, il est encore ichthyologiste, et il se laisse entraîner par des détails dont une étude très-spéciale lui avait fait exagérer l'importance.

Nous voyons apparaître pour la première fois dans la classification de Siebold le groupe des *Protozoa*, renfermant les Infusoires, dont le corps est recouvert de cils vibratiles, et les Rhizopodes, qui sont très-voisins des précédents, mais dont les organes locomoteurs consistent en prolongements ramifiés et changeant constamment de forme. M. Siebold enlève ainsi de l'embranchement des Radiaires de Cuvier tous les animaux dont la forme celluleuse ou continuellement variable ne paraît point compatible avec une dénomination qui indique la disposition régulière des organes autour d'un centre.

Mais beaucoup de naturalistes, M. Agassiz en particulier, ont critiqué très-vivement la formation de ce nouveau groupe de Protozoaires et se refusent à l'admettre, en faisant remarquer que les Infusoires forment un ensemble très-hétérogène d'animaux dont quelques-uns, comme on le verra plus tard, doivent être classés parmi les Crustacés, d'autres parmi les Mollusques bryozoaires, d'autres enfin parmi les Vers.

*Classification de Siebold.*

- PROTOZOA.....
  - Infusoria.
  - Rhizopoda.
- ZOOPHYTA.....
  - Polypa..
    - Bryozoa.
    - Anthozoa.
  - Acalephæ.
  - Echinodermata.
- VERMES.....
  - Helminthes.
  - Turbellaria.
  - Rotatorii.
  - Annulati.
- MOLLUSCA.....
  - Acephala....
    - Tunicata.
    - Brachiopoda.
    - Lamellibranchia.
  - Cephalopoda..
    - Pteropoda.
    - Heteropoda.
    - Gasteropoda.
  - Cephalopoda.
- ARTHROPODA..
  - Crustacea.
  - Arachnida.
  - Insecta.
- VERTEBRATA..
  - Pisces.
  - Reptilia.
  - Aves.
  - Mammalia.

Le reste de la classification, à part quelques points de détail, est la reproduction de celle de Cuvier, et l'on voit que, les Protozoaires étant loin d'être établis comme groupe distinct, il n'est guère permis de dire que cette classification nouvelle soit un perfectionnement de l'ancienne.

Il en est de même de celle qui suit, et qui représente le dernier essai des savants dans ce travail difficile du groupement des animaux en familles naturelles.

*Classification d'Huxley* (1864).

Vertebrata.

| | |
|---|---|
| Mollusca. | Annulosa. |
| Molluscoïda. | Annuloïda. |
| Cœlenterata. | Infusoria. |

Protozoa.

Voilà le dernier mot de la science : M. Huxley établit huit groupes qu'il est facile de ramener à ceux de Cuvier. Celui des *Vertebrata* renferme :

- VERTEBRATA.....
  - Pisces.
  - Amphibiæ.
  - Reptilia.
  - Aves.
  - Mammalia.

Rien de changé, par conséquent, au *Règne animal*. Il en est de même pour les *Annulosa*, qui correspondent aux *Articulés* de Cuvier :

- ANNULOSA.....
  - Annelida.
  - Crustacea.
  - Arachnida.
  - Myriapoda.
  - Insecta.

Mais les *Molluscoida* de M. Huxley, qui renferment les Bryozoaires, les Tuniciers et les Brachiopodes, sont

Digitized by Google

compris en partie dans l'embranchement des *Mollusques* de Cuvier, comme le tableau suivant le montre :

*Divisions d'Huxley.*

| | | |
|---|---|---|
| MOLLUSQUES de Cuvier. | BRACHIOPODA | MOLLUSCOÏDA. |
| | ASCIDIOÏDA | |
| | LAMELLIBRANCHIATA | MOLLUSCA. |
| | BRANCHIOGASTEROPODA | |
| | PULMOGASTEROPODA | |
| | PTEROPODA | |
| | CEPHALOPODA | |

Qui ne s'étonnera de voir ici les Brachiopodes rangés à côté des Tuniciers et des Bryozoaires, et cela pour la seule raison qu'ils sont munis comme eux d'organes en forme de panache? Nous trouvons ensuite dans les *Mollusca* un exemple frappant du fait que nous avons déjà signalé à propos de la classification de M. Agassiz: importance extrême attribuée à des détails; nous voyons en effet M. Huxley établir entre les Gastéropodes munis de branchies (*Branchiogastropoda*) et ceux qui ont des poumons (*Pulmogasteropoda*) une distinction aussi grande qu'entre ces animaux et les Lamellibranches ou les Ascidies.

Enfin, aux Radiaires de Cuvier, correspondent, d'après l'auteur dont nous exposons la classification, les groupes suivants :

*Divisions d'Huxley.*

| | | |
|---|---|---|
| RADIAIRES de Cuvier. | INFUSORIA | |
| | GREGARINIDA | PROTOZOA |
| | RHIZOPODA | |
| | SPONGIDA | |
| | HYDROZOA | CŒLENTERATA. |
| | ACTINOZOA | |
| | POLYZOA | MOLLUSCOÏDA (en partie). |
| | SCOLECIDA | ANNULOÏDA |
| | ECHINODERMATA. | |

M. Huxley admet donc les Infusoires dont M. Agassiz ne veut pas entendre parler; toutefois il en enlève tous ceux qui, primitivement rangés sous cette dénomination, ont trouvé leur place dans d'autres groupes; il n'y laisse avec raison que certains êtres singuliers, les *Paramécies*, par exemple, dont il sera parlé plus tard et qui malgré M. Agassiz ne sauraient encore être rapportés à aucune autre division.

Les *Cœlentérés* qui viennent ensuite sont des animaux qui, comme leur nom l'indique, ont l'intestin en forme de sac clos; cette dénomination est excellente, et l'on verra dans la suite de ces leçons qu'elle s'applique à des êtres dont l'ensemble forme un groupe très-naturel.

Quant au groupe des *Annuloïda*, il faut bien reconnaître qu'il est moins heureux que le précédent; il réunit, en effet, aux Vers intestinaux (*Scolecida*) les Oursins et les Astéries, par le seul motif que ces animaux ont un développement embryogénique commun, comme on le verra dans la leçon prochaine. Mais ce seul fait ne justifie certainement pas le rapprochement d'animaux si différents sous tous les autres rapports.

En définitive, le grand embranchement des Radiaires dans lequel Cuvier avait relégué, pour ainsi dire, tous les animaux mal connus, est encore bien loin d'être éclaici.

La création du *Règne animal distribué d'après son organisation* n'est pas le seul titre de gloire de Cuvier, et pour connaître l'œuvre immense de cet illustre savant, il reste à parler de l'application admirable qu'il a su faire d'un principe connu sous le nom de : *Principe de la corrélation des formes*, et grâce auquel il a pu, comme tout le monde le sait, par la seule inspection d'une extrémité d'os bien conservée, déterminer l'ordre, la classe, le genre, l'espèce même de l'animal auquel cet os appartenait, aussi sûrement que s'il eût possédé l'animal tout entier. Le principe dont il s'agit consiste en ce que dans un être organisé, toutes les parties concourant ensemble vers l'accomplissement d'une même action, elles doivent se correspondre dans leur organisation et changer ensemble lorsqu'elles viennent à se modifier. C'est ainsi, par exemple, que le lion étant destiné à se nourrir de la chair vivante d'animaux souvent vigoureux, doit nécessairement avoir des membres déliés, agiles, munis de griffes puissantes; les vertèbres et l'occiput, points d'insertion des muscles releveurs de la tête, doivent être disposés de façon à favoriser le plus possible l'action de ces muscles, afin que l'animal puisse facilement emporter sa proie; les mâchoires étant faites pour exercer une action énergique, les muscles qui les font mouvoir seront extrêmement volumineux, par suite le muscle temporal ou crotaphite en particulier sera énorme, la fosse temporale qui le reçoit très-profonde, l'arcade zygomatique très-convexe, la tête très-large. Les dents doivent couper de la chair, il faut donc qu'elles soient tranchantes et disposées comme les lames d'une paire de ciseaux; en outre, ces lames doivent conserver constamment la même position relative, ce qui exige une forme particulière dans le condyle de la mâchoire.

S'il s'agit, au contraire, d'un bœuf, d'un ruminant quelconque, toute cette agilité, cette souplesse des membres devient inutile, ceux-ci ne sont plus que de simples piliers terminés par de larges bases de sustentation, lesquelles empêcheront l'animal d'enfoncer dans les terrains plus ou moins humides où croissent les végétaux dont il fait sa nourriture; le museau s'allonge, les dents molaires s'aplatissent et se superposent directement, en même temps les mâchoires doivent glisser l'une sur l'autre comme des meules, et par suite, la forme et l'articulation du condyle se modifient.

En un mot, comme le dit Cuvier, dans un passage extrêmement remarquable de son *Discours sur les révolutions de la surface du globe :*

« La forme de la dent entraîne la forme du condyle, celle de l'omoplate, celle des ongles, tout comme l'équation d'une courbe entraîne toutes ses propriétés; et de même qu'en prenant chaque propriété séparément pour base d'une équation particulière, on retrouverait et l'équation ordinaire, et toutes les autres propriétés quelconques, de même l'ongle, l'omoplate, le condyle, le fémur et tous les autres os pris chacun séparément, donnent la dent ou se donnent réciproquement; et en commençant par chacun d'eux, celui qui posséderait rationnellement les lois de l'économie organique pourrait refaire tout l'animal. »

Digitized by Google

Au fond c'est toujours, on le voit, la subordination des caractères.

Il est des cas cependant où le raisonnement ne suffit pas, et où l'observation seule peut faire connaître l'harmonie existante entre des organes qui, théoriquement, paraissent cependant plus ou moins étrangers les uns aux autres :

« Mais, je doute, continue l'auteur, qu'on eût deviné, si l'observation » ne l'eût appris, que les ruminants auraient tous le pied fourchu, et » qu'ils seraient les seuls qui l'auraient; je doute qu'on eût deviné qu'il » n'y aurait de cornes au front que dans cette seule classe. »

C'est surtout chez les animaux inférieurs que cette observation, moyen supplémentaire de la théorie, est nécessaire ; mais Cuvier a très-peu étudié ces animaux, aussi a-t-il laissé son quatrième embranchement dans un état relatif d'imperfection extrême, imperfection qui, du reste, est loin d'avoir encore disparu. Ce quatrième embranchement a besoin d'être remanié par un homme de génie, comme la classe des Vermes eut besoin jadis de la main puissante de Cuvier. Ce serait cependant tomber dans l'exagération que de dire avec M. Huxley : « Le système de la classification de Cuvier, quoique ayant jeté de si profondes racines, est entièrement usé... tout ce qui constitue les Radiaires est, d'après mon jugement, complétement aboli. » Le groupe des Radiaires est certainement encore plus solide que celui des Annuloïda.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE

### III.

### L'hydrogène.

L'hydrogène entrevu par les anciens alchimistes a été isolé et étudié pour la première fois par Cavendish en 1766.

L'étude de ce corps ne peut être mieux placée qu'après celle de l'oxygène, car elle montre toute la différence qui existe entre eux. L'oxygène est le type des métalloïdes, nous avons vu que c'est le corps comburant par excellence. L'hydrogène, au contraire, est le type des corps combustibles, et même des métaux: nous verrons en effet que la plupart de ces propriétés tendent à le faire considérer comme une vapeur métallique.

*Propriétés physiques.* — C'est un gaz incolore, sans odeur ni saveur quand il est pur; mais il renferme le plus souvent des composés carburés, phosphorés et arséniés qui le rendent odorant et même vénéneux. Sa densité est 0,069; un litre de ce gaz pris à 0 degrés, et sous la pression de $0^m,76$, pèsera donc $1^{gr},293 \times 0,069 = 0^g,089$, c'est-à-dire 14,5 fois moins que l'air, ou 16 fois moins que l'oxygène.

Cette légèreté peut être mise en évidence par un grand nombre d'expériences. En voici quelques-unes :

1° On peut soulever une éprouvette remplie d'hydrogène, l'ouverture tournée par le bas, sans que le gaz s'échappe rapidement. On constate ce fait en approchant, au bout de quelques instants, un corps enflammé de l'orifice de l'éprouvette : le gaz prend feu et brûle avec une flamme très-pâle.

2° On applique l'ouverture d'une éprouvette pleine d'air contre l'ouverture d'une éprouvette pleine d'hydrogène et placée dans la même position que dans l'expérience précédente. On retourne le tout, et l'on constate que la majeure partie de l'hydrogène a passé dans l'éprouvette supérieure, celle qui tout à l'heure contenait de l'air.

3° Si l'on gonfle des bulles de savon avec de l'hydrogène, ces bulles, au lieu de tomber, s'élèvent rapidement dans l'air et prennent feu quand on en approche un corps enflammé.

4° La grande légèreté de l'hydrogène lui donne la propriété de traverser les petites ouvertures et les membranes avec beaucoup plus de facilité que les autres gaz, puisque les vitesses avec lesquelles deux gaz traversent un faible orifice ou une membrane, sont en raison inverse de la racine carrée de leur densité.

Cette propriété endosmotique remarquable se démontre en plaçant un ballon en caoutchouc mince et plein d'air sous une cloche remplie d'hydrogène, le ballon a été entouré d'un fil qui s'applique sur lui sans le serrer. Au bout d'un jour, le fil disparaît sous les deux hémisphères qui se forment par suite de l'augmentation de volume, et souvent le ballon finit par éclater. D'après la loi que nous avons énoncée il y a un instant, il a dû entrer dans le ballon 3,5 fois plus d'hydrogène qu'il n'en est sorti d'air, puisque le premier de ces gaz pèse 14 fois moins que le deuxième. Si, au lieu d'air, on eût rempli le ballon d'un gaz plus lourd, l'action eût été encore plus tranchée.

5° Une expérience fort intéressante, due à M. H. Sainte-Claire Deville, donne une nouvelle preuve de la facilité avec laquelle l'hydrogène traverse les corps poreux.

On introduit dans l'intérieur d'un tube de verre ou de porcelaine un deuxième tube en terre poreuse plus long que le premier, et on l'y fixe au moyen de bons liéges.

Si l'on fait passer un courant assez rapide d'acide carbonique dans l'espace annulaire compris entre les deux tubes et un courant plus lent d'hydrogène dans le tube de terre, on constate à la sortie des tubes que là où on devait s'attendre à trouver de l'acide carbonique, on trouve de l'hydrogène, et réciproquement.

La grande légèreté de l'hydrogène l'avait fait employer pour gonfler les ballons; mais les propriétés qui sont la conséquence de cette légèreté ont fait renoncer à cet emploi, parce que l'endosmose du gaz se faisait trop rapidement. Aussi le gaz de l'éclairage, qui du reste est moins coûteux, lui est-il généralement substitué.

L'hydrogène est très-peu soluble dans l'eau, un litre n'en dissout que 19 centimètres cubes à 0 degré, et sous la pression $0^m,76$. Aussi ce gaz est-il permanent.

L'hydrogène est bon conducteur de la chaleur. Un fil de platine porté au rouge dans un courant d'air se refroidit immédiatement quand on remplace le courant d'air par un courant d'hydrogène de même vitesse. Il semble donc être, comme le dit M. Dumas, un *métal en vapeur*.

*Propriétés chimiques.* — L'hydrogène est inflammable, mais impropre à entretenir la combustion. On démontre ce double fait en introduisant une bougie allumée dans une éprouvette pleine d'hydrogène. Le gaz s'enflamme, et la bougie s'éteint,

(1) Voy. les n°s 3 et 7. — Voy. pour l'*histoire de l'eau* la conférence de M. Würtz dans le n° 9.

Digitized by Google

si on la plonge dans les couches intérieures; elle se rallume en sortant, lorsqu'elle se retrouve en contact avec la couche de gaz en ignition. Cette propriété, jointe à la pâleur de la flamme, caractérise l'hydrogène.

Chaque fois que l'on allume de l'hydrogène, on entend une légère déflagration; mais si l'on fait un mélange d'hydrogène et d'oxygène, — surtout dans les proportions suivantes, 2 volumes d'hydrogène pour un volume d'oxygène, — on entend une forte détonation au moment où on l'enflamme.

Cette détonation est due à une double cause. La chaleur produite par la combinaison est tellement intense (2500 degrés environ), que les gaz augmentent subitement de volume dans une proportion très-considérable : de là un premier choc et un premier bruit. Presque au même moment, l'eau produite par l'union de l'oxygène et de l'hydrogène se condense à l'état liquide, et n'occupe plus ainsi qu'un volume presque nul, comparativement à celui qu'occupaient les gaz un instant auparavant; l'air se précipite pour combler ce vide : de là un deuxième choc et un deuxième bruit, mais si rapproché du premier que l'oreille n'en perçoit qu'un seul.

L'expérience se fait, soit dans un petit flacon de 200 à 300 grammes, que l'on entoure de linges, — afin que s'il venait à se briser, l'expérimentateur ne fût pas blessé; — soit dans le pistolet de Volta; — soit encore en gonflant des bulles de savon avec le mélange explosif.

Quand on allume un jet d'hydrogène, on a la *lampe philosophale*. Si l'on fait pénétrer peu à peu la flamme d'une lampe philosophale dans l'intérieur d'un tube de verre, en abaissant celui-ci avec lenteur, on voit la flamme se rétrécir et s'animer d'un mouvement vibratoire. Au même instant, un son se produit : c'est là ce que l'on appelle l'*harmonica chimique*. Le mouvement vibratoire, ainsi que le son qui en résulte, est dû très-certainement à ce que la combustion de l'hydrogène se fait par une série de petites détonations, et, comme leur régularité n'est pas absolue, le son n'est presque jamais bien pur; il est même le plus souvent assez désagréable.

Dans cette expérience, comme dans toutes celles où l'on doit enflammer un courant d'hydrogène, il est essentiel de ne l'allumer que lorsque l'air a été complétement expulsé de l'appareil; on s'exposerait sans cela à une forte explosion qui briserait le vase, ou tout au moins ferait partir les tubes qui le ferment.

La chaleur produite par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène est la plus haute que nous puissions produire, les appareils qui permettent de l'employer se nomment chalumeaux à gaz oxygène et hydrogène.

Pendant longtemps on ne se servit que de l'appareil Newmann, qui consiste en un vase de laiton à parois très-résistantes, surmonté d'une pompe aspirante et foulante, au moyen de laquelle on comprime dans le réservoir le mélange des deux gaz.

Un robinet placé sur un tube latéral, et terminé par un ajutage en platine, permet de faire sortir un jet violent du mélange gazeux que l'on enflamme. Malgré divers artifices employés pour empêcher la flamme de rétrograder dans l'intérieur, et de causer ainsi une violente explosion, si le vase n'est pas suffisamment résistant, cet appareil présente assez d'inconvénients pour qu'on le remplace généralement aujourd'hui par le *chalumeau à gaz séparés*. Dans cet appareil, les gaz ne se mélangent qu'au point même où l'on veut les faire réagir, et par cela même toute chance d'explosion se trouve écartée.

Ce chalumeau est devenu entre les mains de M. H. Sainte-Claire Deville un instrument d'une haute utilité; il lui a permis de fondre les substances les plus réfractaires : nous citerons le platine et les métaux qui l'accompagnent, dont il a pu ainsi simplifier beaucoup l'extraction et le mode de travail. Une des grandes difficultés de l'usage de cet instrument consistait à trouver des vases capables de résister, sans se fondre ni se briser, à ces énormes températures. M. Deville y arrive en substituant aux vases d'argile des vases de chaux, confectionnés au moment d'en faire usage, en creusant des fragments de chaux maigre.

Une pointe de craie placée dans la flamme du chalumeau donne un éclat comparable à celui de la lumière du soleil ou de la pile; c'est la *lumière de Drummond*, du nom de l'inventeur.

L'hydrogène est aussi très-employé dans les laboratoires, comme agent réducteur. Il ne se combine pas seulement avec l'oxygène; ses composés sont nombreux et importants, et nous les étudierons chacun à leur place.

*État naturel.* — L'hydrogène se dégage quelquefois pendant les éruptions volcaniques. On le trouve dans les mélanges gazeux qui s'échappent des *suffioni* de la Toscane.

Combiné avec l'oxygène, il forme l'eau; uni au carbone, à l'oxygène et à l'azote, il constitue les matières végétales et animales.

*Préparation.* — L'hydrogène se retire toujours de l'eau. On peut l'extraire par plusieurs méthodes.

1° En décomposant l'eau par la pile.

2° En traitant l'eau par du potassium ou du sodium; le métal s'empare de l'oxygène et met l'hydrogène en liberté.

$$K + 2HO = KO,HO + H.$$

3° En faisant passer de la vapeur d'eau sur du charbon porté au rouge.

$$C + HO = CO + H.$$

Malheureusement on ne peut se débarasser de CO (oxyde de carbone), qui est aussi un gaz, et qui de plus est fort délétère.

4° En faisant passer de la vapeur d'eau sur du fer porté au rouge.

$$3Fe + 4HO = Fe^3O^4 + 4H.$$

Ce procédé indiqué par Lavoisier est beaucoup moins rapide que le suivant.

5° En traitant l'eau par du zinc, en présence de l'acide sulfurique.

Le zinc seul ne décomposerait pas l'eau à la température ordinaire; son affinité pour l'oxygène n'est pas assez grande. Mais comme l'oxyde de zinc est basique, il a une très-grande tendance à se former en présence d'un acide; l'eau est décomposée, le zinc s'empare de l'oxygène et forme de l'oxyde de zinc; celui-ci s'unit à l'acide sulfurique pour donner du sulfate d'oxyde de zinc, et l'hydrogène est mis en liberté.

Cette explication de l'influence de l'acide sulfurique n'est pas à l'abri de reproche, car si l'on emploie du zinc parfaitement pur, au lieu du zinc du commerce qui renferme toujours un peu de charbon, de soufre, de phosphore, d'arsenic, etc., la réaction ne se produit pas.

Quoi qu'il en soit, l'égalité suivante nous rend compte des quantités de matières réagissantes et produites.

Digitized by Google

$$Zn + SO^3HO = ZnO,SO^3 + H.$$
$$33 + 40 + 9 = 41 + 40 + 1.$$

Si donc on emploie 200 grammes de zinc, on obtiendra 6 grammes ou 67 litres d'hydrogène. On a en effet :

$$\frac{33^g}{1^g} = \frac{200^g}{X = 6}$$

$$\frac{6^g,000}{0^g,089} = 67,4$$

On se rappelle que $0^{gr},089$ est le poids d'un litre d'hydrogène. On trouverait par un calcul analogue que ces 200 grammes de zinc exigent 297 grammes d'acide sulfurique monohydraté, et qu'il se forme 491 grammes de sulfate de zinc.

L'opération se fait dans un flacon de verre à deux tubulures. On place dans le flacon 150 à 200 grammes de zinc, en petites lames ou en grenailles, et 600 à 700 grammes d'eau. A la tubulure latérale est placé un tube de dégagement fixé par un bouchon; ce tube conduit le gaz sous une éprouvette placée sur la cuve à eau. L'ouverture centrale porte un tube à entonnoir par lequel on verse peu à peu l'acide sulfurique. Il se produit immédiatement une effervescence due au dégagement du gaz. Ce dégagement se règle par des additions convenables d'acide.

On laisse perdre, comme dans toutes préparations de gaz, les premières parties qui se dégagent, afin que l'appareil soit bien purgé d'air; puis on recueille.

Le zinc peut se remplacer par le fer en fils, en copeaux ou en grenailles.

L'hydrogène ainsi préparé n'est jamais pur : son odeur l'indique suffisamment; cela tient aux corps étrangers qui accompagnent le zinc du commerce, et qui, en présence de l'hydrogène à l'état naissant, donnent des carbures, des sulfures, des phosphures, des arséniures d'hydrogène qui viennent souiller la pureté du gaz.

On s'en débarrasse du reste facilement en faisant passer le gaz dans deux tubes en U renfermant : le premier de la potasse qui retient les carbures et les sulfures, et le deuxième du bichlorure de mercure ou du sulfate d'argent, qui fixe le phosphore et l'arsenic.

On peut aussi avoir de l'hydrogène pur en prenant du zinc pur, que l'on rend attaquable en le mettant en contact avec un métal plus électro-négatif que lui, du cuivre ou du platine par exemple. Le même effet se produit en ajoutant à l'eau acidulée quelques gouttes d'un sel de cuivre, de platine, etc.

EMPLOIS DE L'HYDROGÈNE.

L'hydrogène joue un rôle important dans les laboratoires comme agent réducteur, c'est-à-dire pour enlever aux composés oxygénés, chlorurés, sulfurés, etc., l'oxygène, le chlore, le soufre, etc.; il a en effet une grande tendance à s'unir à l'oxygène, et en général aux métalloïdes, pour former des composés stables, tels que l'eau, l'acide chlorhydrique, etc.

On a beaucoup cherché à appliquer l'hydrogène à l'éclairage, car nous savons que ce gaz est très-combustible. Mais sa flamme manque complétement d'éclat, qualité indispensable dans ce cas. On a cherché à suppléer à cette propr.été par deux artifices :

1° En mettant dans l'intérieur de la flamme un réseau de fils fins en platine; ces fils portés au rouge blanc par la température très-élevée de la flamme devenaient très-brillants. Mais malheureusement les impuretés du gaz (sulfures, phosphures, arséniures) agissant assez rapidement sur le platine, les fils devenaient cassants et ne tardaient pas à se briser.

2° On faisait barbotter l'hydrogène dans des carbures d'hydrogène très-volatils et riches en carbone. L'expérience réussit fort bien en petit : en enflammant de l'hydrogène qui vient de passer dans un flacon contenant de la benzine, on obtient une flamme d'un très-bel éclat. Mais en grand, il faudrait s'attendre à de fréquents mécomptes, parce que les carbures entraînés pourraient se liquéfier dans les tuyaux de conduite, surtout pendant l'hiver.

D'autre part, l'hydrogène ne peut guère s'employer pour l'éclairage des lieux habités, et voici pourquoi : La préparation de l'hydrogène ne peut s'obtenir économiquement que par l'action de la vapeur d'eau sur le charbon incandescent, et il contient alors de fortes proportions d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. Le premier de ces gaz n'a que l'inconvénient d'affaiblir le pouvoir éclairant; mais le second est très-vénéneux, et comme il est inodore, aucun indice n'avertirait de l'existence d'une fuite soit dans les tuyaux de conduite, soit dans les appareils.

Nous avons déjà dit quel emploi on avait fait du mélange d'oxygène et d'hydrogène pour fondre les corps réfractaires, et pour produire la lumière de Drummond.

M. Desbassyns de Richemond emploie le même chalumeau pour souder les métaux au moyen du même métal coulé sur les deux surfaces à réunir : c'est ce que l'on nomme *soudure autogène*.

Le briquet à hydrogène très en vogue il y a quelque vingt ans est aussi une application de la combustion de l'hydrogène par l'oxygène de l'air, sous l'influence de la mousse de platine.

Ed. Antelme, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

---

## FACULTÉ DES SCIENCES DE CLERMONT.

## HISTOIRE NATURELLE.

COURS DE M. HENRY LECOQ.

### De la végétation du printemps.

La température de l'air où nous sommes plongés varie selon les saisons, augmente depuis l'hiver jusqu'au milieu de l'été, puis elle diminue successivement, produisant ainsi la plupart des phénomènes périodiques de la végétation.

Dans les régions tropicales où la température reste à peu près la même, la végétation est continue et l'on n'y connaît pas le printemps que nous ramènent chaque année l'accroissement de chaleur et les pluies attiédies de cette charmante époque de l'année.

Février ajoute quelques degrés de chaleur à la moyenne de janvier; mars ajoute sa température croissante à celle de février et successivement les mois d'avril, de mai et de juin viennent augmenter l'essor et le réveil de toutes les fleurs.

Digitized by Google

Mais sous ce rapport quelle différence entre les diverses plantes hivernales qui viennent orner la terre! Chacune d'elles peut être considérée comme un thermomètre dont le point initial d'activité est extrêmement variable. Il y a des plantes qui commencent à végéter quand le thermomètre des physiciens marque 2 ou 3 degrés au-dessus de son zéro. Il en est qui ont besoin de 4, 5, 6 degrés pour se réveiller de leur sommeil hivernal; d'autres enfin qui attendent 12, 15 et jusqu'à 20 degrés pour se développer, mais ce ne sont plus des fleurs du printemps et nous n'avons pas à nous en occuper.

Parmi les fleurs qui s'épanouissent aux températures les plus basses, nous citerons un Saxifrage (*Saxifraga oppositifolia*) que l'on voit fleurir jusqu'au milieu des glaces du Spitzberg, et dans les hautes montagnes sur la lisière des neiges éternelles. Nous citerons encore le pas-d'âne (*Tussilago farfara*) si répandu dans nos contrées, et la première des fleurs qui n'attend pas même le printemps pour s'épanouir; une accumulation de 33 degrés de chaleur suffit pour le Saxifrage; il en faut 50 pour le pas d'âne, environ 300 pour la Violette, 462 pour le Lilas. On peut donc en plaçant les plantes dans des serres dont on gradue la chaleur, les forcer à faire éclore leurs fleurs en concentrant dans un temps plus court la chaleur qui leur est nécessaire. Mais ce qui fait le charme du printemps, c'est l'évolution presque instantanée de toutes ces plantes qui ont préparé dès l'année précédente leurs boutons et leur feuillage, et qui conservent sous le sol souvent abrité par un voile de neige ou par les feuilles mortes des forêts, les germes qui doivent répondre à l'appel du printemps.

Après ce préambule, le professeur décrit la vie et les voyages de la Violette odorante comme personnifiant les fleurs du printemps, il nous fait assister à sa naissance, lorsqu'elle sort de terre avec les deux petites feuilles qui doivent la nourrir. Un an après, elle est dans sa vigueur, et ses racines vigoureuses et traçantes luttent dans la terre avec les autres plantes qui cherchent à envahir le sol. Le professeur nous décrit ces luttes et ces combats souterrains que les racines se livrent en silence à l'abri de nos regards, et il constate avec peine que la loi du plus fort règne partout sur la terre.

Toutefois, la Violette reste victorieuse dans sa lutte souterraine; elle déroule ses jeunes feuilles dont le nombre de cellules augmente avec rapidité, elle étend autour d'elle des rejets envahissants, puis elle montre ses fleurs portées sur de courts supports. Ceux-ci sont animés de plusieurs mouvements. Ils tiennent d'abord le bouton incliné, puis ils se tordent pour se redresser quand il va s'épanouir. Mais pendant ce temps le support des feuilles s'allonge et la fleur parfumée reste cachée sous la feuille; de là, sans doute, cette réputation de modestie faite à la violette qui cherche bien à élever ses fleurs autant qu'elle peut; comme beaucoup d'autres, *la Violette est modeste parce qu'elle ne peut faire autrement.*

Nous laissons à notre professeur toute la responsabilité de ce terrible jugement. Il a ajouté lui-même des circonstances atténuantes en nous parlant du parfum de la Violette, lequel émane de la fleur sans qu'on puisse le saisir. Il nous a bien dit quel immense travail s'opérait dans les cellules qui composent les feuilles et dans celles qui constituent les fleurs, mais tout en reconnaissant l'ignorance du botaniste et du chimiste pour le travail qui s'opère dans ces laboratoires microscopiques.

Après avoir décrit les fleurs de la violette, il a signalé les graines qui, renfermées dans une capsule élégante, sont ramenées sur la terre par les mouvements du pédoncule qui supportait la fleur.

Nous avons ensuite assisté aux voyages de la Violette, c'est-à-dire à un véritable cours de géographie. En effet, cette plante si commune en Auvergne et dans presque toute la France, arrive au sud sur le versant des Pyrénées sans en atteindre la cime; on la retrouve en Espagne jusque dans l'Andalousie, à Alger où elle végète dans les oasis sous les Palmiers où elle fleurit en hiver; elle croit aux Canaries et à Madère. Au nord, elle se trouve dans toute l'Europe centrale, dans le Danemark, la Gothie australe et pénètre en Suède. Elle est en Angleterre, en Irlande. A l'occident, elle existe en Portugal. A l'orient, elle abonde dans la Suisse septentrionale, dans le Tyrol. On la retrouve sur les monts Carpathes, dans toute l'Italie, en Sicile, en Grèce où elle fleurit sur le mont Athos et parfume le Parnasse. Elle existe en Russie, en Crimée, sur le Caucase et jusque dans la Sibérie altaïque. La violette occupe ainsi une aire d'expansion représentée par une surface de 3100 degrés, c'est-à-dire que cette plante s'est répandue sur une surface égale, à peu près, à $\frac{1}{11}$ de la surface entière de la terre.

Cette énumération géographique a conduit le professeur à nous indiquer les ressources que possèdent les végétaux pour voyager. Sous ce rapport ils ont plus d'avantage que nous, car ils peuvent voyager par terre, par eau, dans les airs, voyager en traîneau, ou portés par les animaux et par l'homme lui-même.

Il faut admettre pour chaque espèce un centre de création, *un paradis terrestre* où la plante a dû être originairement placée. De ce point de départ l'espèce a pu rayonner dans tous les sens, et être arrêtée dans son expansion soit par des obstacles matériels, soit par des causes physiologiques, telles que le manque de chaleur, l'excès d'humidité, etc. Une ligne qui toucherait à tous les points extrêmes de ces rayons expansifs tracerait l'aire d'expansion de chaque espèce.

Le voyage par terre est ordinairement le moins rapide, mais le plus sûr; l'espèce se propage de proche en proche, par les graines qui tombent par leur propre poids, ou que l'élasticité des fruits dissémine.

Quelquefois, ce sont des tiges souterraines qui s'étendent en tous sens et envahissent le sol, multipliant à l'infini leurs individus.

Enfin, il est un mode de transport moins rapide encore, c'est celui qui a lieu par bulbes ou tubercules nais-

Digitized by Google

sant toujours du même côté. Un Orchis nous en montre un exemple : le tubercule de l'Orchis mâle, commun aux environs de Clermont, s'avance ainsi, en se renouvelant toujours, de 1 mètre en trente ans, de sorte qu'il lui faut à peu près trente mille ans pour faire un kilomètre.

Les voyages par eau s'exécutent plus vite; ce sont, d'ailleurs, presque toujours des eaux courantes qui entraînent les graines ou même des plantes qui peuvent ainsi étendre au loin leurs colonies. L'Océan lui-même peut être traversé par des graines, et celles qui abordent peuvent ensuite se propager de proche en proche. Les graines profitent comme nous pour naviguer des courants de l'Océan, et c'est ainsi que les îles sont peuplées de végétaux.

Les masses détachées des glaciers, les blocs de rochers, couverts de végétaux, entraînés par les glaces jusqu'à l'embouchure des fleuves peuvent voguer longtemps sur les eaux, au gré des vagues et des courants. Les plantes ont donc leurs navires et leurs traîneaux, et sont soumises comme l'homme lui-même aux chances de la navigation et aux périls du naufrage.

Mais s'il est des fleurs assurées d'un navire, pour leurs lointaines excursions, il en est aussi dont l'air entraîne et balance les berceaux, nacelles admirables destinées à parcourir cette enveloppe légère dont la terre est entourée. Vous les avez vues cent fois ces voiles soyeuses que l'air soutient. Si le calme parfait règne dans l'atmosphère, elles descendent lentement pour s'enlever encore au moindre souffle, ou bien, chassées par la tempête, elles disparaissent rapidement à nos yeux et vont peupler de lointains rivages.

Les insectes et les oiseaux sont encore des messagers rapides qui se chargent de tous les transports. Ces animaux peuvent emporter des germes adhérents à leurs pattes ou à leurs plumes.

Une graine aérienne emportée par la plus violente tempête, peut à peine être chassée avec une vitesse de trente lieues à l'heure : il est des oiseaux qui, en quatre heures, traversent la France entière; ce sont des messagers plus rapides que le vent.

L'homme lui-même s'est joint sans le vouloir à ces nombreux voyageurs chargés de semer les fleurs sur le globe tout entier. Il a été chercher le Coquelicot pour égayer les champs, le Bleuet pour les embellir, et il ignore leur patrie, comme celle de la Rose à cent feuilles, comme celle du Blé qui le nourrit, comme celle du Chien qui le sert et qui l'aime, comme celle du Mouton qui lui donne sa toison.

Voyageur infatigable, les fleurs l'ont suivi sur les terres les plus éloignées. Les plus humbles ont été ses plus fidèles conpagnes. Aux confins du monde, dans une île déserte de la mer du Sud, les navigateurs ont retrouvé notre Mouron sur la tombe d'un Français; symbole de la patrie absente, la faible plante avait suivi l'exilé; seule elle est restée fidèle et bien loin du sol où existe son berceau, la petite fleur blanche et étoilée rappelle au rayon du soleil qui la fait éclore, que si nous ne trouvons pas toujours une patrie, nous pouvons au moins, quelquefois, conserver un ami. H. Lecoq.

## VARIÉTÉS.

### Des sexes et de la génération chez les Alcyonaires.

RECHERCHES DE M. LACAZE-DUTHIERS.

Les naturalistes se sont beaucoup moins occupés jusqu'ici de la reproduction des Coralliaires que des caractères extérieurs de ces animaux; et l'on peut à bon droit s'en étonner, car dans les autres divisions des Zoophytes, l'étude des phénomènes qui président à la conservation de l'espèce a conduit aux découvertes les plus importantes. Le mémoire présenté à l'Académie par M. Lacaze-Duthiers a pour but de résumer les faits les plus généraux relatifs à la génération, observés par l'auteur dans le groupe si naturel des Alcyonaires.

Chez le Corail, tantôt les glandes sexuelles sont séparées, et tantôt elles sont réunies, soit dans un même polypier, soit dans un même zoanthodème. Mais si l'hermaphrodisme se rencontre quelquefois, la séparation des sexes est la condition la plus ordinaire, et elle semble même devenir la condition générale dans tout le groupe des Alcyonaires, à en juger du moins par les genres et espèces suivantes : *Gorgonia subtilis*, *Muricca placomus*, *Primnoa verticillaris*, *Bebryce mollis*, *Alcyonium palmatum*, *Alcyonium digitatum*, *Paralcyonium elegans*, chez lesquels, sans aucun doute, non-seulement chaque polype, mais encore chaque zoanthodème est unisexué.

Les observations qui font l'objet de ce mémoire ont été fort multipliées. Il ne faut pas oublier cependant qu'il est bien difficile d'affirmer d'une manière absolue que dans un échantillon de grande taille renfermant quelquefois plusieurs milliers de polypes, il n'y en a pas un seul qui possède un sexe différent de celui de tous les autres.

Pour arriver à constater la nature des glandes génitales, il faut toujours commencer par un examen microscopique et une étude histologique des éléments caractéristiques, c'est-à-dire le *spermatozoïde* et l'*œuf*. C'est le seul moyen d'arriver à des résultats certains qui puissent permettre ensuite de juger rapidement des sexes, pourvu toutefois que les deux éléments offrent des différences appréciables à l'œil nu. Lorsque le testicule et l'œuf présentent à la fois même forme et même couleur, il est impossible de les distinguer sans le secours du microscope; mais c'est là heureusement un cas fort rare.

. . . . . .

En résumé, chez les espèces d'Alcyonaires à base fixée qui vivent dans la Méditerranée, les sexes sont séparés. Les polypes et les zoanthodèmes ne présentent qu'un seul ordre de glandes génitales.

Dans les Pennatulides, ou Alcyonaires libres, la même disposition s'est présentée pour les *Pennatula rubra* et *Pennatula grisea*. Jamais M. Lacaze-Duthiers n'a trouvé les sexes réunis chez ces espèces, dont il a observé, il est vrai, un bien moins grand nombre d'individus.

Il n'est guère possible de s'occuper de la reproduction dans les dernières divisions du règne animal, sans diriger son attention sur les conditions si particulières que présentent souvent chez les animaux inférieurs la multiplication et la métamorphose des individus. Bien que M. Lacaze-Duthiers cherche avec soin dans ce groupe des Alcyonaires des alternances entre une génération sexuelle et une génération agame, il ne l'a jamais rencontrée. Les sexes seuls multiplient le nombre des zoanthodèmes; la blastogénèse, ou le bourgeonnement, étendent ces zoanthodèmes, en multipliant sur chacun d'eux le nombre de leurs habitants, mais les bourgeons sont très-rapidement sexués, et peuvent concourir à la reproduction par les sexes, sans offrir une forme particulière.

Il est aussi constant, et c'est la règle dans tout ce groupe, que la fécondation s'accomplit dans la cavité générale, ou même dans l'ovaire, et que la femelle incube ses œufs après leur imprégnation; aussi ne rend elle point des œufs, mais des embryons, ou des larves vermiformes et ciliées qui se fixent après avoir joui momentanément d'une entière liberté.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 24. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 13 MAI 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

Paraît tous les Samedis.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

SOMMAIRE.

Académie des sciences.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Astronomie.** — Conférence de M. Briot : Les nébuleuses.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de M. Claude Bernard : XXIV et XXV. Critique expérimentale des travaux relatifs au curare (suite). — Comparaison du curare et de la strychnine. — Action du curare sur le système nerveux grand sympathique.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique appliquée.** — Cours de M. Becquerel : Des phénomènes physiques chez les êtres vivants.

Paris, 12 mai 1865.

Lundi dernier, la séance de l'Académie des sciences a été remplie en grande partie par deux communications importantes.

La première, faite par M. Coste, était destinée à discuter les opinions récemment émises par M. Thury (de Genève), sur les lois générales de la procréation des sexes. D'après M. Thury, l'œuf serait d'abord femelle pendant la première période de sa maturation, puis il deviendrait mâle pendant une seconde période, et suivant que la fécondation s'opérerait dans la première ou dans la seconde de ces deux périodes successives de la maturation, le produit serait lui-même femelle ou mâle.

Pour apprécier la valeur de cette théorie, M. Coste a exécuté un grand nombre d'expériences, dont il a exposé les résultats à l'Académie, il est arrivé à cette conclusion, que la loi posée par M. Thury n'était pas exacte.

Dans la séance précédente, M. Matteucci avait envoyé à l'Académie des sciences une communication relative aux observations météorologiques, à l'occasion du service de télégraphie météorologique qu'il est actuellement chargé d'organiser dans le royaume d'Italie. M. Matteucci soutenait dans ce travail que les observations météorologiques sur la marche des tempêtes et la direction des vents n'avaient encore produit aucun résultat bien sérieux, et que les premières observations de ce genre ne remontaient pas au delà de 1858. M. Le Verrier a vivement discuté ces deux assertions, en prouvant leur peu de valeur, et il s'est plaint, avec beaucoup de raison, que, depuis que M. Matteucci a été chargé d'organiser en Italie un service de télégraphie météorologique, la communication des observations météorologiques exécutées en Italie ait été refusée sous ce prétexte à l'observatoire de Paris par le ministre de la marine d'Italie.

L'épidémie de Saint-Pétersbourg a encore occupé l'Académie samedi dernier. On se souvient que dans un mémoire sur une maladie épidémique qu'il avait observée en Savoie, et qu'on a voulu rapprocher de l'épidémie de Saint-Pétersbourg, M. Carret avait dit qu'on pouvait peut-être attribuer cette maladie aux émanations d'oxyde de carbone provenant des poêles de fonte. Cette explication, déjà attaquée par M. Regnault et M. Chevreul, a suscité encore quelques objections de la part de M. Morin. M. Charles Sainte-Claire Deville a fait remarquer que l'influence funeste des poêles de fonte, si elle existe, s'expliquerait peut-être beaucoup mieux par la propriété qu'ont les métaux fortement chauffés de se laisser traverser par les gaz; cette propriété, si intéressante, a été établie comme on le sait, il y a quelques années, par M. Henri Sainte-Claire Deville.

ÉMILE ALGLAVE.



Digitized by Google

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### ASTRONOMIE.

CONFÉRENCE DE M. BRIOT.

**Les nébuleuses.**

Messieurs,

Depuis l'invention des lunettes astronomiques et des télescopes, le domaine de l'astronomie s'est beaucoup agrandi; au delà des étoiles visibles à l'œil nu, on a découvert une multitude d'étoiles plus petites, ou du moins que l'éloignement nous empêchait d'apercevoir; par delà encore, dans les profondeurs des cieux, on a reconnu l'existence d'astres d'une nouvelle espèce; ce ne sont plus de simples points brillants comme les étoiles, mais des masses blanches, d'apparence laiteuse, de formes variées, semblables à des nuages; c'est pourquoi on leur a donné le nom de *nébuleuses*. La première nébuleuse a été découverte par Simon Marius, en 1612; on en connaît aujourd'hui près de 5000. Les nébuleuses forment donc un élément important dans l'ensemble de la création; mais elles méritent surtout notre intérêt par la variété de leurs formes et les idées qu'elles ont suggérées relativement à la constitution de l'univers et à la formation des mondes. C'est ce point de vue surtout que je me propose de développer devant vous.

C'est à William Herschel que nous devons les principales découvertes concernant les nébuleuses; comme son nom reviendra sans cesse dans le cours de cet entretien, permettez-moi, messieurs, de vous dire quelques mots de la vie de cet homme illustre. Herschel est né à Hanovre en 1738; il était fils d'un musicien; son père était pauvre; sa principale richesse consistait en ses dix enfants; tous apprirent la musique. A l'âge de vingt et un ans, le troisième, William, alla en Angleterre pour gagner sa vie. Après trois années de cruelles privations, il fut engagé par lord Durham, comme instructeur du corps de musique d'un régiment anglais, en garnison sur les frontières d'Écosse. Il fut nommé ensuite organiste à Halifax, puis à Bath. Pendant ce temps, Herschel, non content d'être un habile musicien, étudiait beaucoup; il apprit seul le latin, un peu le grec, et aussi les mathématiques et l'optique, qui devaient tant lui servir plus tard. Un jour, un petit télescope newtonien de deux pieds anglais lui tombe par hasard sous la main; il regarde le ciel avec cet instrument; ce spectacle le ravit d'enthousiasme; il écrit aussitôt à un opticien de Londres, pour lui demander un instrument semblable de plus grande dimension; l'opticien répond; mais le prix dépasse de beaucoup les ressources du jeune organiste. Herschel est d'abord découragé, puis il se dit : « Puisque je ne puis pas acheter un télescope, j'en ferai un. » Et il se met à l'œuvre avec ardeur, essayant divers alliages métalliques, afin de trouver celui qui réfléchit le mieux la lumière, tâchant de donner à ses miroirs la forme parabolique parfaite, pour qu'ils forment au foyer une image nette des objets. Il réussit au delà de ses espérances; après un grand nombre d'essais, il parvint à construire des télescopes d'une grande perfection, beaucoup plus puissants que tous ceux qu'on avait faits jusque-là; il construisit des télescopes de dix, et, même, de vingt pieds anglais de distance focale; plus tard, il en fit un vraiment gigantesque, de trente-neuf pieds anglais (12 mètres) de longueur sur quatre pieds dix pouces ($1^m,47$) de diamètre. En 1781, il avait alors quarante-deux ans, il eut le bonheur de découvrir une planète nouvelle, la planète Uranus, située au delà de Saturne, sur les confins de notre système. Dès lors Herschel devint célèbre. Le roi Georges III, qui était grand amateur de science, et qui avait une prédilection marquée pour tout ce qui venait du Hanovre, sa patrie, manda Herschel, causa avec lui, fut enchanté de la lucidité et de la vigueur de son jugement; il le nomma astronome royal, avec un traitement annuel de 300 guinées (7900 fr.), et l'installa près du château de Windsor, d'abord à Clay-Hall, puis à Sloug. C'est dans le village de Sloug qu'Herschel vécut jusqu'à l'âge de quatre-vingt-trois ans, étonnant le monde par une suite non interrompue de magnifiques découvertes; la petite maison qu'il habitait, le jardin où il avait établi ses instruments, sont devenus célèbres dans l'histoire de la science.

Puisque je vous ai parlé d'Herschel, il est impossible que je passe sous silence une personne qui l'a beaucoup aidé dans ses travaux, sa sœur Caroline; elle lui servait de secrétaire; elle était toujours auprès de lui pendant ses longues veillées, dans les nuits les plus froides, observait même à sa place quand il était malade; aussi était-elle devenue un très-habile observateur, et le roi Georges, qui avait quelquefois de bonnes idées, lui avait-il donné le titre d'astronome adjoint, avec un modeste traitement.

Le plus grand télescope d'Herschel a trente-neuf pieds anglais, c'est-à-dire 12 mètres de long. Dans ces derniers temps, lord Rosse a fait construire par des procédés de son invention, et établir dans son parc de Parsonstown, en Irlande, un instrument encore plus grand; le télescope de lord Rosse a $16^m,76$ de long sur $1^m,83$ de diamètre. Tels sont les puissants instruments avec lesquels on a étudié les nébuleuses.

Il faut distinguer les nébuleuses en deux grandes catégories. Quand on examine certaines nébuleuses avec des télescopes assez puissants, on les voit se résoudre en une multitude de petites étoiles très-rapprochées les unes des autres; ce sont des amas d'étoiles. D'autres nébuleuses paraissent formées d'une matière cosmique, diffuse, non encore organisée, ou du moins en voie d'organisation; ce sont les nébuleuses proprement dites.

Les amas stellaires ont généralement la forme sphérique et sont composés d'une multitude d'étoiles à peu

Digitized by Google

près toutes de la même grandeur, avec une condensation marquée vers le centre. Je citerai comme exemple le bel amas situé dans la constellation du Centaure, dans l'hémisphère austral : « C'est, dit John Herschell, fils du grand William, le plus grand et le plus riche de tout le ciel; son diamètre apparent est de 20'; il occupe sur la voûte céleste une étendue superficielle presque égale à la moitié du disque du soleil ou de la lune. Les étoiles qui le composent sont littéralement innombrables. »

Un des plus beaux amas de notre hémisphère est celui qui est situé dans la constellation Hercule, sa forme est irrégulière, il est frangé sur les bords. Lord Rosse, dont nous reproduisons le dessin, a vu à l'intérieur trois raies noires partant du centre, comme les trois rayons d'une étoile.

D'autres amas présentent une forme ovale ou lenticulaire. Telle est la belle nébuleuse d'Andromède, découverte par Simon Marius, en 1612; elle est visible à l'œil nu ; Marius la comparait à la flamme d'une chandelle vue à travers une feuille de corne. Jusqu'à ces derniers temps, on la regardait comme irrésoluble ; mais, il y a quelques années, elle a été résolue par M. Bond (1), à l'aide de la puissante lunette de l'observatoire de Cambridge, aux États-Unis (cette lunette, la plus grande qui existe, a quatorze pouces et demi d'ouverture), en une multitude de très-petites étoiles. M. Bond en a reconnu distinctement jusqu'à 1500, de sorte que sa résolubilité n'est pas douteuse; il a remarqué aussi dans le milieu et dans le sens de la longueur, deux lignes noires très-minces, semblables à des fentes divisant la masse entière.

Herschel rangeait parmi les curiosités du ciel certaines nébuleuses présentant la forme d'un anneau. L'une des plus remarquables est le bel anneau de la Lyre. L'ouverture intérieure n'est pas aussi noire que le fond du ciel à l'entour ; elle est comme remplie d'une autre nébuleuse plus faible; l'ensemble offre l'apparence d'un voile jeté sur un anneau. Le télescope de lord Rosse l'a résolu en étoiles extrêmement petites, et il a vu comme des filaments d'étoiles attachés à l'anneau.

Une autre nébuleuse annulaire remarquable est celle qui est située dans Andromède, non loin de la grande nébuleuse de Simon Marius. Dans le milieu, on remarque un espace noir allongé, et dans cet espace deux petites étoiles; c'est probablement un anneau semblable à celui de la Lyre, mais vu de profil. Lord Rosse paraît l'avoir complétement résolu.

Il est un amas stellaire dont l'étude nous intéresse tout particulièrement. C'est celui dont notre soleil fait partie, et dans lequel nous sommes placés. Vous connaissez tous la *voie lactée*; on la voit pendant les belles nuits, quand le ciel est sombre, comme une bande lumineuse, d'un éclat laiteux, faisant le tour du ciel. Sa largeur est très-inégale. Dans notre hémisphère, près de la constellation du Cygne, elle se divise en deux rameaux parallèles, dont l'un s'étend jusqu'à l'équateur, et l'autre se prolonge au delà. Dans l'hémisphère austral, les irrégularités sont encore plus grandes. Voici deux dessins faits par sir John Herschel pendant son séjour au cap de Bonne-Espérance, et représentant la voie lactée dans l'hémisphère austral. Dans la seconde figure, vous remarquez comme une rupture de la voie lactée, et près de là, au milieu de la partie la plus brillante, une ouverture noire, complétement vide d'étoiles et de toute espèce de matière; les premiers navigateurs qui l'ont aperçue lui ont donné le nom expressif de *sac à charbon*.

Dès que Galilée dirigea vers le ciel sa première lunette, il reconnut bien vite que la voie lactée, qui ne présente à l'œil nu qu'une lueur continue, est formée d'une multitude infinie de petites étoiles; la voie lactée est donc un amas stellaire, analogue à ceux que nous avons étudiés jusqu'à présent; l'aspect particulier sous lequel nous le voyons tient à notre position au milieu même de l'amas.

La constitution de la voie lactée a été l'objet d'études approfondies de William Herschel, et il est arrivé à cette conséquence importante et inattendue, c'est que l'ensemble des étoiles qui brillent au ciel dans toutes les directions, et qui composent le firmament des anciens, appartiennent au même amas stellaire que la voie lactée. Voici quelle est la marche suivie par Herschel.

Les astronomes ont classé les étoiles d'après leur éclat apparent; ils appellent étoiles de première grandeur les étoiles les plus brillantes, on en compte une vingtaine; viennent ensuite les étoiles de seconde grandeur, moins brillantes que les premières, on en compte une cinquantaine, et ainsi de suite jusqu'aux étoiles de sixième grandeur, les dernières visibles à l'œil nu. Il y a environ 6000 étoiles visibles à l'œil nu. Les télescopes ont prolongé la série jusqu'à la vingtième grandeur. L'éclat apparent d'une étoile peut provenir de trois causes, ou de sa grandeur réelle, ou de l'intensité de la lumière à sa surface, ou de la distance plus ou moins grande de l'étoile, par rapport à la terre. Nous ne savons rien des deux premières causes; mais nous n'avons aucune raison de supposer que les étoiles soient distribuées dans l'espace suivant leur grandeur réelle, comme si par exemple, les plus grosses étaient les plus voisines de la terre, les plus petites les plus éloignées, ou au contraire, les plus petites, les plus voisines, les plus grosses, les plus éloignées. Ceci revient à admettre qu'à toutes les distances la grandeur absolue des étoiles est la même en moyenne, et, par conséquent, qu'à prendre les choses en bloc, les étoiles les plus éloignées sont celles qui ont le moindre éclat apparent. Une comparaison fera bien comprendre cette idée d'Her-

(1) Depuis cet entretien, les journaux américains nous ont apporté la triste nouvelle de la mort prématurée de cet habile astronome.

Digitized by Google

schel : Sur un champ de bataille, quand on n'a aucune raison de supposer que les hommes ont été disposés par rang de taille, les grands en avant, les petits en arrière, ou inversement, on admet que tous les soldats ont une même taille moyenne, et, afin de diriger les manœuvres et de pointer les canons, les officiers estiment la distance où se trouve tel ou tel bataillon ennemi, d'après la grandeur apparente des soldats qui le composent; plus les hommes paraissent petits, plus ils jugent que le bataillon est éloigné. C'est par un procédé analogue que les astronomes estiment la distance comparative des étoiles d'après leur éclat apparent.

On sait que, lorsqu'on porte une flamme à une distance double, son éclat devient quatre fois plus faible, à une distance triple, neuf fois plus faible, à une distance dix fois plus grande, cent fois plus faible, et ainsi de suite. Or, en comparant par des mesures photométriques faciles à comprendre les diverses étoiles à une étoile de première grandeur prise pour terme de comparaison, et John Herschel a choisi l'étoile $\alpha$ du Centaure, on a trouvé que les étoiles de sixième grandeur ont un éclat 100 fois moindre que celles de première grandeur; par conséquent, si l'on transportait l'étoile $\alpha$ du Centaure à une distance 10 fois plus grande, son éclat devenant 100 fois moindre, elle brillerait comme une étoile de sixième grandeur. En vertu du principe posé par Herschel, on en conclut que les étoiles de sixième grandeur sont en moyenne à une distance de la terre 10 fois plus grande que celles de première grandeur.

On a trouvé de même que les étoiles de treizième grandeur sont en moyenne à une distance 75 fois plus grande que celles de sixième grandeur, ou 750 fois plus grandes que celles de première grandeur.

Revenons maintenant à l'étude de la voie lactée. Quand on ne considère que les étoiles les plus brillantes, de la première à la quatrième grandeur, ces étoiles paraissent distribuées à peu près uniformément dans toutes les directions; mais, à partir de la cinquième grandeur, on reconnaît que le nombre des étoiles croît rapidement dans le voisinage de la voie lactée. Pour les étoiles télescopiques, le phénomène est encore plus marqué. La distribution des étoiles dans le ciel se rattache donc intimement à la voie lactée, et l'ensemble ne forme qu'un seul et même système. William Herschel se représentait cet amas stellaire comme une meule immense ou un disque aplati, dont chaque molécule serait une étoile. Mais une étude plus attentive a conduit Guillaume Struve, l'illustre astronome de Poulkowa, dont la science déplore la perte récente, à regarder l'amas stellaire que nous appelons voie lactée, non comme un disque plein, ainsi que le faisait Herschel, mais comme un anneau semblable à celui de la Lyre. Dans le vide central de l'anneau est placé notre soleil, entouré des étoiles dispersées dans ce vide; ce sont nos plus proches voisines, celles qui forment notre firmament; le bord intérieur de l'anneau commence à la distance des étoiles de sixième grandeur, et le bord extérieur s'étend au moins jusqu'à la distance des étoiles de treizième grandeur.

Dans cette hypothèse, on se rend bien plus facilement compte des particularités que présente la voie lactée. Par exemple, pour expliquer l'ouverture connue sous le nom de sac à charbon, il suffit d'admettre qu'un trou soit pratiqué dans l'épaisseur, relativement petite, de l'anneau, tandis que dans l'hypothèse d'Herschel il faudrait qu'une ouverture cylindrique ou conique s'étendît à travers toute la masse, depuis le soleil jusqu'au bord extérieur. Il en est de même de la rupture remarquée non loin de là.

Une autre grande découverte d'Herschel est celle du mouvement du soleil dans l'espace. Les étoiles qui composent notre firmament ne méritent pas le nom d'étoiles fixes que leur ont donné les anciens; elles se meuvent toutes dans diverses directions; on a reconnu et mesuré ce mouvement chez un grand nombre d'entre elles; ainsi la belle étoile Arcturus se meut avec une vitesse de vingt et une lieues par seconde; mais, à cause de la grande distance des étoiles, il n'en résulte qu'un très-faible déplacement apparent en une année. Si les étoiles ont des mouvements propres, il est bien probable que le soleil qui est l'une de ces étoiles, se meut aussi dans l'espace, emportant avec lui son cortége de planètes. Mais comment reconnaître ce mouvement? On s'appuie ici sur un principe bien connu : quand un observateur est en mouvement, et qu'aucune secousse ne l'avertit, il se croit en repos, et il lui semble que les objets environnants se meuvent en sens contraire. Ainsi, quand nous descendons une rivière en bateau à vapeur, nous voyons les arbres du rivage fuir en sens inverse; le même phénomène se manifeste aussi en chemin de fer. Il en est de même dans le ciel; si le soleil se meut à travers les étoiles, emportant la Terre, et nous qui sommes placés sur la Terre, nous devons voir les étoiles marcher en sens contraire. Or, c'est précisément ce qui a lieu; dans la complication des mouvements propres des étoiles, on démêle un mouvement commun; ce mouvement commun, général, de toutes les étoiles n'est qu'une apparence provenant du mouvement de l'observateur ou du soleil. Herschel a reconnu ainsi que le soleil se meut dans l'amas stellaire dont il fait partie, marchant vers la constellation Hercule, avec une vitesse de deux lieues par seconde.

Tâchons maintenant de nous faire une idée des dimensions de la voie lactée. Nos puissants télescopes paraissent pénétrer toute la masse de cette immense amas stellaire; car en beaucoup d'endroits, on voit le fond noir du ciel à travers un rideau d'étoiles. Il est certain que le bord extérieur de l'anneau s'étend à une distance au moins égale à celle des étoiles de treizième grandeur, les dernières visibles avec le télescope de 20 pieds, dont Herschel se servait pour cette étude. Or, nous avons dit que ces étoiles sont situées à une distance 750 fois plus grande que l'étoile $\alpha$ du Centaure; on en

Digitized by Google

conclut que le rayon de l'anneau est au moins égal à 750 fois la distance que nous avons prise jusqu'à présent pour unité. Mais, pour nous faire une idée de ces distances, il faut les comparer à celles que nous employons à la surface de la Terre. Par des mesures astronomiques extrêmement délicates, on a trouvé que les étoiles les plus rapprochées de la Terre, et de ce nombre est l'étoile α du Centaure, sont à une distance égale à 200 000 fois la distance du soleil à la Terre, c'est-à-dire à 200 000 fois 38 millions de lieues. Comme ces grands nombres embarrassent l'esprit, on a jugé plus commode d'évaluer les distances célestes par le temps qu'emploie la lumière à les parcourir. On sait que la lumière marche avec une vitesse de 77 000 lieues par seconde. Cette vitesse nous est maintenant familière, c'est celle de l'électricité dans nos fils télégraphiques; si un fil faisait le tour de la Terre, un signal partant de Paris reviendrait au point de départ après un septième de seconde. La lumière met 8 minutes 13 secondes, pour venir du soleil à la Terre; 4 heures pour aller du soleil à la planète Neptune, découverte par M. le Verrier, et située à l'extrémité de notre système. Pour venir de l'étoile α du Centaure jusqu'à nous, la lumière met un temps égal à 200 000 fois 8 minutes 13 secondes, ce qui fait un peu plus de 3 ans; ainsi les étoiles les plus rapprochées de nous sont à une distance telle, que la lumière, malgré son énorme vitesse de 77 000 lieues par seconde, met 3 ans à la parcourir. Pour venir des étoiles de sixième grandeur, les dernières visibles à l'œil nu, elle met un temps dix fois plus grand, soit 30 ans; pour venir des étoiles de treizième grandeur, ou du bord extérieur de la voie lactée, la lumière met un temps 750 fois plus grand, soit plus de 2000 ans. Pour parcourir le diamètre entier de l'anneau, il faut à la lumière un temps double, ce qui fait 4000 ans.

Allons encore plus loin. Parmi les amas stellaires que nous voyons répandus avec tant de profusion dans le ciel, en dehors de la voie lactée, il est probable qu'il en est d'aussi grands que celui dans lequel nous sommes placés. Les plus beaux amas n'occupent pas dans le ciel une étendue apparente supérieure au disque du soleil ou de la lune; mais un calcul très-simple apprend que, pour que la grandeur apparente d'un objet soit égale à celle du soleil ou de la lune, il faut que cet objet soit placé à une distance de l'observateur égale à cent fois son diamètre. Si donc un amas d'étoiles, situé en dehors de la voie lactée, par exemple le bel amas d'Hercule, a une grandeur réelle égale à celle de la voie lactée, il doit être placé à une distance de nous égale au moins à cent fois le diamètre de la voie lactée. Pour parcourir une pareille distance, la lumière emploie donc cent fois 4000 ans; ce qui fait 400 000 années.

On peut maintenant se représenter dans son ensemble la constitution de l'univers. Dans l'espace infini sont semées les étoiles par amas immenses, comme des archipels d'îles dans l'océan des cieux; pour aller d'une étoile à une étoile voisine, dans le même archipel, la lumière met des années; pour aller d'un archipel à un autre, elle met des milliers d'années. Ainsi la lumière, qui nous paraît marcher si rapidement avec sa vitesse de 77 000 lieues par seconde, est une messagère bien lente pour de pareilles distances; les nouvelles qu'elle nous apporte de ces mondes éloignés sont vieilles de milliers d'années; c'est de l'histoire ancienne.

Herschel estimait que le nombre des étoiles qui composent notre voie lactée s'élève à plus de cinquante millions; les autres amas en contiennent autant. Que l'on songe que chacune de ces étoiles est un soleil analogue au nôtre; que, très-probablement, autour de chacun de ces soleils, comme autour du nôtre, circulent des planètes auxquelles il distribue la chaleur et la lumière; que, très-probablement encore, sur chacune de ces planètes existent une multitude d'êtres vivants d'espèces différentes; que l'on essaye ensuite de compter le nombre des soleils qui peuplent l'univers, le nombre des êtres vivants qui naissent et qui meurent dans tous ces mondes, l'imagination s'arrête confondue devant une telle immensité.

Je vous ai parlé jusqu'à présent des nébuleuses résolubles ou des amas d'étoiles; j'arrive maintenant aux nébuleuses non résolubles, ou résolubles seulement en partie; celles-ci présentent un aspect tout différent des premières; elles ressemblent à des nuages de forme irrégulière. La plus remarquable des nébuleuses de ce genre est la belle nébuleuse d'Orion, qui fut observée pour la première fois par Huyghens, en 1659. On l'a comparée à la gueule ouverte d'une bête dont le nez se prolongerait en forme de trompe; la partie la plus brillante paraît flamboyer comme une flamme mobile. Elle occupe dans le ciel une étendue apparente à peu près égale à celle de la pleine lune, ce qui, vu la grande distance, accuse une étendue réelle immense.

Une autre nébuleuse très-belle est située dans la constellation du Renard; elle a été nommée Dumbbell-Nébula par Herschel, à cause de la ressemblance qu'il croyait y reconnaître avec un jeu anglais. Lord Rosse l'a vue très-irrégulière, et floconneuse dans ses parties les plus brillantes.

Dans la Grande-Ourse est une nébuleuse ronde et brillante, qui présente à son centre deux étoiles, entourées chacune d'un cercle noir; elle ressemble à une tête de hibou. Quelquefois, l'une des deux étoiles cesse d'être visible, et la tête, ayant perdu l'un de ses yeux, apparaît borgne.

Il existe dans la constellation du Lion une nébuleuse elliptique, avec un noyau central, entouré d'enveloppes nuageuses d'un aspect floconneux. Dans la constellation du Dragon, on voit aussi une nébuleuse semblable à un anneau brillant, entouré d'une nébulosité vague.

L'aspect de ces nébuleuses a fait naître l'hypothèse d'une matière cosmique, répandue primitivement dans tout l'espace. Une première condensation de cette ma-

Digitized by Google

tière diffuse a produit des nuages de vapeurs ou de simples nébuleuses. Par une condensation ultérieure, un ou plusieurs noyaux se forment dans ces nébulosités. Ces noyaux attirant les matières environnantes, grossissent peu à peu, et deviennent des étoiles qui, ensuite, par leur attraction mutuelle, se rapprochent et se groupent en amas stellaires. Nous voyons ainsi des nébuleuses à tous les âges de leur organisation. Elles ne sont pas dispersées également dans tout le ciel; elles paraissent disposées par couches dans certaines régions, et Herschel a remarqué que les espaces environnants sont très-pauvres en étoiles, et vides de toute matière cosmique, comme si les nébuleuses s'étaient formées aux dépens de la matière primitivement répandue dans ces espaces. Aussi Herschel, quand il avait vu passer dans le champ de son télescope une de ces régions dévastées, avait-il coutume de dire à son secrétaire : « Préparez-vous à écrire; les nébuleuses vont arriver. »

En comparant ses observations de 1780 et 1783 à celles de 1811, observations faites avec le même instrument, Herschel a cru reconnaître que la grande nébuleuse d'Orion avait changé sensiblement de forme; c'était, suivant l'expression de Fontenelle, prendre la nature sur le fait.

Non-seulement les nébuleuses paraissent éprouver dans leur constitution des transformations considérables, qui les font passer par les différentes phases de leur organisation; mais il est probable qu'un grand nombre d'entre elles sont animées d'un double mouvement, comme le soleil et les planètes, savoir un mouvement de rotation sur elles-mêmes, et un mouvement de translation dans l'espace. Le mouvement de rotation se montre d'une manière très-nette dans certaines nébuleuses singulières, observées par lord Rosse, et qu'il a nommées nébuleuses spirales. Je citerai comme exemple la belle nébuleuse spirale de la chevelure de Bérénice.

Cette forme en spirale nous donne l'idée d'une rotation de la nébuleuse sur elle-même, et de plus elle nous indique que le noyau central tourne plus vite que le pourtour. D'où cela provient-il? Lord Rosse attribuait ce phénomène à l'action d'un milieu résistant, qui ralentirait le mouvement de la partie extérieure. Mais il me semble qu'on peut l'expliquer par le fait même de la condensation. Il résulte, en effet, des lois générales de la mécanique que, si une masse fluide est animée d'un mouvement de rotation, et que, par la condensation, le volume diminue, le mouvement de rotation devient plus rapide. Par exemple, si la Terre éprouvait une contraction ou une diminution de volume, elle tournerait plus vite, et par conséquent, la durée du jour diminuerait. Si donc on suppose que, par une cause quelconque, la masse diffuse qui forme une nébuleuse soit animée d'un mouvement de rotation très-lent, la condensation progressive de la matière accélérera de plus en plus la rotation. En outre, comme la condensation est plus marquée vers le centre, le noyau tournera plus vite que le reste; si lente que soit la rotation primitive de la masse diffuse, l'énorme condensation qu'elle éprouve dans la suite des siècles, imprimera en quelque sorte une rotation très-rapide à l'étoile à laquelle elle donne naissance.

D'autres formes de nébuleuses manifestent le mouvement de translation dans l'espace. Pour expliquer la propagation des ondes lumineuses, les physiciens admettent qu'un fluide élastique très-subtil, qu'ils nomment éther, est répandu dans tout l'univers; ce milieu, si subtil qu'il soit, doit offrir une certaine résistance au mouvement; cette résistance n'affectera pas sensiblement le noyau, qui a une grande densité; mais elle pourra retarder d'une manière appréciable les vapeurs légères qui composent la nébulosité. Quand nous lançons un volant dans l'air, nous voyons le noyau aller en avant, et les plumes, plus légères, suivre par derrière; c'est un effet de la résistance de l'air qui agit d'une manière plus marquée sur les plumes à cause de leur faible densité. Plusieurs nébuleuses, et j'en citerai deux dans la Licorne, présentent un phénomène tout à fait semblable; le noyau marche en avant, et la nébulosité suit en forme de houppe, retenue seulement par la forte attraction que le noyau exerce sur elle. L'orientation de la nébuleuse nous indique le sens du mouvement.

Dans la constellation des Chiens de chasse, il est une belle nébuleuse qui semble manifester à la fois le double mouvement, la rotation par ses spirales fortement accentuées, la translation par une espèce de chevelure ou de nébulosité légère, projetée en arrière.

La nébuleuse double du Bouvier nous offre un exemple de mouvement constaté directement. Dans le dessin d'Herschel, les axes des deux masses elliptiques qui la composent, sont en ligne droite; d'après les observations de lord Rosse, les deux axes, en 1855, ne sont plus sur le même ligne, mais ils sont parallèles; en 1861 ils font entre eux un angle bien marqué. On doit en conclure que la petite masse tourne sur elle-même, et en même temps se meut autour de la grande, comme la terre tourne sur elle-même, en même temps qu'elle se meut autour du soleil.

Notre grand mathématicien Laplace a fondé sur cette idée de la condensation de la matière cosmique une théorie savante de la formation de notre système planétaire. Concevons une nébulosité primitive animée d'un mouvement de rotation que l'on peut supposer très-lent; au centre s'est formé un noyau, origine de notre soleil; la condensation continuant, la vitesse de rotation est devenue de plus en plus rapide, comme nous l'avons expliqué; cette rotation plus rapide a aplati fortement la nébuleuse vers les pôles et l'a, en quelque sorte, étalée dans le plan de l'équateur, c'est-à-dire dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation. Des zones de vapeurs se sont déposées dans ce plan, à différentes distances du centre; dans ces zones se sont formées ensuite des noyaux secondaires participant au mouvement

Digitized by Google

général de la nébuleuse; et ainsi se trouve expliquée cette loi remarquable que présente la constitution de notre système, à savoir que toutes les planètes décrivent autour du soleil des cercles situés à peu près dans un même plan, qui est le plan de l'équateur solaire, et qu'elles se meuvent toutes dans le même sens, qui est celui de la rotation du soleil. Bien plus, Laplace a démontré que, par suite de la condensation des vapeurs dans une zone animée d'un mouvement de rotation, chacun de ces noyaux secondaires a dû acquérir un mouvement de rotation sur lui-même dans le même sens que le mouvement général; et c'est ce qui a lieu en effet, les planètes tournent sur elles-mêmes, dans le même sens que le soleil. Ces noyaux planétaires une fois formés, deviennent à leur tour centres de nébuleuses secondaires, dans lesquelles les mêmes phénomènes peuvent se reproduire, mais sur une moindre échelle, et l'on aura ainsi les satellites. Il peut même arriver qu'une zone de vapeur se condense tout entière, sans se rompre, de manière à former un anneau continu. Nous en voyons un exemple dans notre système, c'est l'anneau de Saturne.

Des expériences très-ingénieuses de M. Plateau, de Bruxelles, sur la forme d'équilibre des masses fluides en mouvement rendent visible, en quelque sorte, la conception de Laplace. On introduit une certaine quantité d'huile dans un mélange d'eau et d'alcool ayant exactement la même densité que l'huile. La goutte d'huile flotte dans le liquide et prend naturellement la forme sphérique; on imprime ensuite à cette masse un mouvement de rotation et l'on voit la goutte s'aplatir dans le sens de l'axe et se renfler à l'équateur, d'autant plus que la vitesse de rotation est plus rapide; tous les astres, dont nous avons pu observer la rotation, sont ainsi aplatis vers les pôles. Si l'on accélère le mouvement de rotation, la masse entière s'étend dans le plan de l'équateur; bientôt elle se détache de l'axe pour former un anneau circulaire parfaitement régulier; on a ainsi une image de l'anneau de Saturne. Quand l'anneau est bien formé, si l'on continue à tourner, on voit l'anneau se rompre en plusieurs masses qui prennent aussitôt la forme sphérique; ces petites sphères, au moment de leur formation, se mettent à tourner dans le même sens que le mouvement général de translation.

Différents phénomènes paraissent prouver qu'il subsiste encore un reste de la nébulosité primitive au sein de laquelle s'est formé notre système. On aperçoit cette nébulosité le soir, après le coucher du soleil, quand le ciel est pur et la nuit sombre, ou le matin, avant son lever. L'observateur, étant situé dans le plan même de la nébulosité, la voit se dessiner sur le ciel sous la forme d'un fuseau allongé. Cette lueur est connue sous le nom de lumière zodiacale.

Toute cette théorie de la formation des mondes repose sur l'hypothèse de la matière cosmique répandue primitivement dans l'espace et qui, par des condensations successives, a produit d'abord les nébuleuses proprement dites, puis les étoiles et les planètes. Cette hypothèse a été contestée par quelques astronomes qui pensent qu'il n'y a pas de distinction essentielle à établir entre les différentes classes de nébuleuses; ils prétendent que toutes les nébuleuses sont des amas d'étoiles, et que, si nous avions des instruments assez puissants, nous les verrions toutes se résoudre en étoiles. William Herschel, voyant se résoudre en étoiles, dans ses grands télescopes, un grand nombre de nébuleuses regardées avant lui comme irrésolubles, a partagé d'abord cette opinion. Plus tard, frappé de la différence d'aspect que présentent les nébuleuses, il a changé d'avis et a admis l'existence de la matière cosmique. Le gigantesque télescope de lord Rosse, ayant résolu plusieurs nébuleuses regardées par Herschel comme irrésolubles, a fait revivre de nos jours cette même opinion. Il est donc très-important d'essayer de reconnaître, par des expériences directes, si certaines nébuleuses sont réellement formées de vapeurs lumineuses. Ces expériences ont été faites l'année dernière, en Angleterre, par M. Huggins. M. Huggins a appliqué aux nébuleuses la méthode d'analyse de la lumière qui, il y a quelques années, a conduit MM. Kirchhoff et Bunsen à de si belles découvertes. Je vous rappellerai d'abord, en peu de mots, en quoi consiste cette méthode.

Un corps lumineux est un corps dont les molécules exécutent des vibrations très-rapides; ces vibrations se propagent à travers le milieu éthéré répandu dans l'espace, comme les vibrations sonores dans l'air atmosphérique; elles pénètrent dans l'œil et produisent sur la rétine la sensation de lumière. La rapidité plus ou moins grande des vibrations, c'est-à-dire le nombre des vibrations que les molécules exécutent dans un temps donné, caractérise la couleur; la couleur correspond à ce qu'on appelle la hauteur du ton en musique. Mais nous ne percevons pas la série entière des vibrations; la note la plus grave que notre œil puisse percevoir est le rouge, la note la plus aiguë, le violet; entre ces deux notes extrêmes sont comprises toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Les vibrations lumineuses sont incomparablement plus rapides que les vibrations sonores; en un millionième de seconde, le nombre des vibrations pour le rouge est 400 millions, pour le violet 800 millions. Mais l'échelle des vibrations se prolonge beaucoup au delà de ces limites; on les reconnaît à l'aide d'expériences de physique, au-dessous du rouge par leurs actions calorifiques, au-dessus du violet par leurs actions chimiques. Ainsi dans l'échelle des vibrations, notre œil, cet organe si parfait à d'autres égards, ne perçoit que l'étendue restreinte d'une octave, tandis que l'oreille embrasse dix octaves. Il est possible que des animaux aient l'œil constitué de manière à saisir des vibrations plus graves que le rouge, ou plus aiguës que

Digitized by Google

le violet, de manière, en un mot, à voir des couleurs que nous ne voyons pas.

La lumière émise par un corps se distingue par des caractères nettement tranchés, suivant que le corps est à l'état de gaz ou de vapeur, ou à l'état solide ou liquide. Un gaz ou une vapeur lumineuse n'émet qu'une seule couleur, une seule note; c'est comme une lyre à une corde; chaque gaz émet une note particulière, suivant la constitution de ses molécules. Au contraire, un corps lumineux solide ou liquide émet toutes les notes, comme un piano formé d'une infinité de cordes vibrant toutes à la fois. Si donc, à l'aide d'un prisme, on analyse la lumière provenant de ces deux sources, on verra, dans le premier cas, une bande brillante d'une couleur déterminée, dans le second cas, un spectre continu présentant toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

Voici une seconde loi qui complète la première : une vapeur obscure, placée sur le trajet d'un rayon lumineux complexe, comme la lumière blanche, qui est la réunion de toutes les couleurs, absorbe précisément la couleur qu'elle émettrait si elle était incandescente; la note qui convient à la constitution des molécules du gaz se communique à ces molécules et se trouve ainsi arrêtée au passage. Par exemple, la vapeur du sodium, ou plus simplement du sel marin, qui est du chlorure de sodium, introduite dans une flamme, émet une lumière simple, d'un jaune éclatant; cette même vapeur, quand elle est obscure, et placée sur le trajet d'un rayon de lumière blanche, absorbe précisément la couleur jaune, de sorte que le spectre présente une raie noire à la place du jaune. A la vérité, les molécules du gaz, en absorbant la vibration qui leur convient, se mettent à vibrer à l'unisson; mais cette vibration a d'abord peu d'intensité, et comme elle se répand dans toutes les directions, la partie qui suit la direction du rayon lumineux est très-faible et ne produit pas d'effet sensible dans le spectre. Un phénomène analogue, que tout le monde a pu observer, se produit en musique : si dans le voisinage d'un tuyau passe le son qui convient à la longueur du tuyau, le tuyau se mettra à vibrer à l'unisson, et, en approchant l'oreille, on entendra parfaitement la résonnance; les autres sons ne se communiquent pas.

Ceci fait bien comprendre comment l'analyse de la lumière par le prisme nous révèle la composition des astres les plus éloignés. Ainsi la lumière qui nous vient du soleil donne un spectre continu présentant toutes les couleurs, du rouge au violet; on en conclut que le soleil est un corps incandescent solide ou liquide. En outre, si l'on examine ce spectre avec attention, on le voit sillonné d'un grand nombre de raies noires; on en conclut que le noyau incandescent du soleil est entouré d'une atmosphère contenant des vapeurs de diverses substances; pendant que la lumière blanche émise par le noyau traverse cette atmosphère, les vapeurs absorbent certains rayons déterminés, ce qui produit dans le spectre des raies noires. En étudiant la position de ces raies et les comparant aux raies brillantes produites par les substances que nous connaissons, M. Kirchhoff a reconnu l'existence, dans l'atmosphère du soleil, de l'hydrogène, du sodium, du fer et de plusieurs autres métaux terrestres. Les spectres produits par la lumière des étoiles présentent le même caractère que celui du soleil; il en résulte que la constitution des étoiles est analogue à celle du soleil, et que les mêmes substances paraissent exister dans leurs atmosphères.

M. Huggins a appliqué la même méthode à l'étude des nébuleuses; il a examiné d'abord certaines nébuleuses auxquelles Herschel a donné le nom de nébuleuses planétaires et qui présentent l'aspect de petits disques ronds ou elliptiques, d'un éclat uniforme, sans condensation vers le centre; leur couleur est bleue, quelquefois verte. La lumière de ces nébuleuses donne à travers le prisme, non plus un spectre continu, mais une ligne brillante principale et deux lignes principales secondaires. On est en droit d'en conclure que ces nébuleuses ne sont pas formées de matières solides ou liquides, comme les étoiles, mais que ce sont des masses de gaz ou de vapeurs incandescentes. La ligne brillante principale paraît se rapporter à l'azote, l'une des lignes secondaires à l'hydrogène, l'autre à un gaz inconnu. Dans d'autres nébuleuses, outre ces lignes brillantes, on voit un spectre continu, mais très-pâle, ce qui semble indiquer le commencement de la formation d'un noyau solide ou liquide.

Ces expériences justifient complétement les idées d'Herschel et de Laplace sur l'existence d'une matière cosmique originelle dont la série des nébuleuses nous montre les transformations successives, depuis l'état de simple vapeur, jusqu'à sa complète organisation en soleils et en planètes propres à servir de séjour à des êtres vivants. Mais quelle est la loi qui préside à ces grandes transformations? Quelle est la force qui les produit? L'attraction. C'est l'attraction qui, condensant les vapeurs, crée les astres et leur donne la forme sphérique. C'est l'attraction qui, les astres une fois formés, règle leurs mouvements et donne aux cieux leur belle ordonnance. On peut dire encore que c'est l'attraction qui produit la chaleur et la lumière. En effet, toutes les expériences de la physique moderne prouvent que la chaleur, comme la lumière, est un mouvement vibratoire, que, même, il n'y a pas de distinction essentielle à faire entre la chaleur et la lumière; dès que les molécules vibrent, il y a chaleur, chaleur d'autant plus grande que le mouvement vibratoire est plus intense. Quand les vibrations acquièrent un degré de rapidité suffisant, le corps devient lumineux. Puisque chaleur et lumière sont des mouvements, on conçoit que l'action ou le travail des forces produise ces mouvements vibratoires et crée ainsi la chaleur et la lumière. Quand on frappe un morceau de fer avec un marteau, le morceau de fer et le marteau s'échauffent peu à peu à chaque coup; de même, quand on frotte un bouton de métal

Digitized by Google

sur une table, on sent le bouton s'échauffer rapidement. Pendant la condensation d'une nébuleuse en un noyau très-petit par rapport au volume primitif, l'attraction effectue une énorme quantité de travail, et, par conséquent, développe une quantité de chaleur assez grande pour rendre le noyau incandescent. Au reste, on peut rendre ce phénomène visible par une expérience directe : dans un vase de verre on a mis du gaz, un mélange d'hydrogène et d'air atmosphérique. Au centre de ce vase nous suspendons un morceau d'éponge de platine. L'éponge de platine a la propriété d'attirer fortement l'oxygène et l'hydrogène; en vertu de cette attraction puissante, un volume très-considérable de gaz s'introduit et se condense dans les pores de l'éponge; les molécules du gaz se précipitent vivement dans ces pores, se choquent à l'entrée, ce qui leur communique un mouvement vibratoire très-rapide; il se développe ainsi une quantité de chaleur telle que l'éponge de platine devient incandescente et brille d'un vif éclat. Voilà l'image de la formation d'un soleil.

Je résume, messieurs, cet entretien, et je le termine par cette simple réflexion. La série des nébuleuses nous montre la matière à toutes les phases de son organisation ; nous assistons à la formation des mondes; la création continue; sous l'infinie variété des phénomènes, nous découvrons une loi, une force unique. Cette unité de plan, cette unité de cause, plus encore que la grandeur et la magnificence de l'œuvre, nous révèle une intelligence infinie et nous pouvons répéter cette parole du psaume, témoignage de la foi de nos pères : « Les cieux racontent la gloire de Dieu. »

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### XXIV (suite).

**Critique expérimentale des travaux relatifs au curare. Comparaison du curare et de la strychnine.**

Parmi les différents travaux qui ont été publiés relativement au curare, il en est dont le but a été d'établir que le curare et la strychnine produisent les mêmes effets et sont, par conséquent, des poisons analogues ou semblables. C'est là évidemment une question importante. Il n'y aurait, du reste, à celà rien d'impossible, car, de même qu'il y a plusieurs poisons qui agissent identiquement sur le système musculaire, il pourrait aussi y avoir plusieurs poisons doués de la même action sur le système nerveux moteur. La discussion se réduit donc à une question de fait et non à une question de doctrine ou de théorie.

On donne le nom de curare à un certain nombre de substances souvent fort différentes au point de vue de leurs propriétés physiologiques, bien qu'elles produisent toutes la mort. Mais vous savez que nous avons réservé ce nom pour le poison particulier qui détruit les propriétés des nerfs moteurs; et c'est, d'ailleurs, avec celui-là qu'ont opéré, en effet, les auteurs qui prétendent identifier la strychnine et le curare. Nous citerons particulièrement MM. Martin-Magron et Buisson qui ont inséré divers mémoires à ce sujet dans les *Annales de la Société de biologie* (septembre 1859) et dans le *Journal de Physiologie* (tome II, page 473, et tome III, page 323).

MM. Martin-Magron et Buisson ne disent pas que la strychnine et le curare ne sont qu'une seule et même substance: ils soutiennent seulement que les effets produits par ces deux poisons sont identiques et ne présentent pas d'antagonisme dans leurs effets toxiques.

Le curare et la strychnine paraissent, au premier abord, bien différents l'un de l'autre. Comment a-t-on donc pu être conduit à les assimiler? Cela tient sans doute à plusieurs raisons; et d'abord à ce que la plupart des voyageurs ont présenté le curare comme empruntant son principe toxique à une *strychnos*, c'est-à-dire à une plante de la même famille que celles d'où dérive la strychnine. Or on sait que de Jussieu, dans son *Genera plantarum*, a posé comme une loi générale ce principe : que les plantes d'une même famille produisent des matières toxiques analogues ou identiques.

Mais cette proposition n'exprime pas une loi absolue, comme le croyait de Jussieu. Les exemples contraires à cette règle sont aujourd'hui fort nombreux ; et, pour n'en citer qu'un, l'opium, qui provient d'une seule plante, contient au moins 6 ou 8 alcaloïdes distincts et jouissant de propriétés physiologiques aussi différentes que possible, puisque les uns sont des soporifiques et les autres des convulsifs.

On voit par cet exemple — auquel nous pourrions en ajouter beaucoup d'autres — combien il faut se défier de ces principes, généralisés sur quelques faits particuliers, et qui peuvent induire dans les plus grandes erreurs en s'opposant aux progrès de la science et en détournant l'attention par la satisfaction trompeuse qu'ils donnent à l'esprit. Nous ne devons donc point nous inquiéter de la loi de Jussieu, et, quand même le curare dériverait d'une strychnée comme la strychnine elle-même, cela n'empêcherait pas qu'il pût différer profondément de cette substance par ses effets toxiques, de même qu'il y a des substances d'origines très-différentes qui ont des effets toxiques identiques. L'expérience seule peut prononcer dans des questions de ce genre : voyons donc par expérience ce qu'il en est.

Pour que deux substances soient identiques, il faut qu'elles produisent les mêmes effets et qu'elles les produisent toujours de la même manière dans les mêmes

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22 et 23.

Digitized by Google

circonstances. Lorsque cette double condition n'est pas remplie, les deux substances ne sont pas identiques. C'est là un principe qu'il ne faut jamais perdre de vue quand on ne veut pas s'égarer au milieu de l'obscurité et des complications des expériences physiologiques. Qu'importe qu'il y ait des effets communs, et même certains points identiques d'un côté et de l'autre? Dès qu'une seule propriété diffère, c'est assez pour que les deux substances ne doivent pas être confondues, car une même substance placée dans les mêmes conditions ne peut jamais produire des effets différents.

Or il est vrai que l'empoisonnement par la strychnine peut, dans certaines circonstances, amener la destruction des propriétés du nerf moteur; mais c'est là un effet qui tient à l'influence de conditions particulières et qui se produit par un mécanisme différent de celui du curare. Il arrive évidemment un moment où tous les poisons et tous les animaux empoisonnés se ressemblent, en ce sens qu'ils sont tous morts et que les propriétés de tous leurs tissus ont fini par disparaître complétement. Quel qu'ait été l'élément histologique frappé le premier, les résultats ultimes finissent par se confondre.

Mais quand on veut éclairer une question, il ne faut pas chercher des comparaisons forcées ou imaginer toutes sortes de complications, chercher midi à quatorze heures, comme on dit vulgairement. Or, c'est malheureusement ce qui est arrivé dans les expériences comparatives instituées entre le curare et la strychnine. On a voulu trouver des effets identiques avec ces deux substances en plaçant des animaux dans des conditions différentes; et l'on ne s'est pas aperçu qu'en agissant ainsi on prouvait par cela même la différence d'action des deux poisons. Car dire que ces poisons agissent d'une manière analogue sur des animaux placés dans des conditions différentes, c'est prouver que ces deux poisons agissent d'une manière différente sur des animaux placés dans les mêmes conditions. C'est là un principe élémentaire de physiologie expérimentale : pour que deux substances aient une action identique ou semblable, il faut qu'elles produisent les mêmes effets dans des conditions identiques ou semblables.

Faisons donc les expériences les plus simples, mais d'une manière rigoureusement comparative, et pour cela plaçons-nous tout d'abord dans des conditions simples et identiques.

Voici deux lapins à peu près de même taille et de même poids. Nous leur injectons à chacun dans le tissu cellulaire sous-cutané un milligramme de substance toxique en dissolution aqueuse dans la même quantité d'eau. Les conditions sont donc identiques des deux côtés; seulement chez le premier lapin nous injectons du curare, et chez le second de la strychnine.

La première différence qui nous frappe, c'est que, à dose égale, les effets du curare se manifestent plus vite que ceux de la strychnine. Cela doit tenir à la rapidité plus grande de l'absorption du curare, rapidité qui s'explique par l'action dilatante qu'exerce ce poison sur les parois des vaisseaux et par la surexcitation de la circulation qui en est la suite. Laissons maintenant les effets propres de chaque poison se produire et nous verrons que ces effets diffèrent autant que possible, à tel point que si l'on avait besoin de deux agents toxiques produisant des effets tout à fait opposés, il semble qu'on ne pourrait en trouver de mieux choisis que le curare et la strychnine. Le lapin empoisonné par la strychnine est d'abord rendu très-irritable; puis, quand l'effet toxique se manifeste, il est pris de convulsions brusques, extrêmement violentes, qui roidissent tout à coup ses membres et l'agitent si vigoureusement, qu'il tombe de cette table au milieu de ses soubresauts. A cette période d'irritation extrême qui le rend roide et dur comme une statue succède une période de relâchement complet. Puis des convulsions reparaissent. Au contraire, chez le lapin empoisonné par le curare, les oreilles deviennent d'abord très-rouges; leurs vaisseaux gonflent et la température augmente très-sensiblement dans cette région, tandis qu'on n'avait observé rien de semblable sur le lapin empoisonné par la strychnine. On remarque sans doute chez ce lapin empoisonné par le curare de légers mouvements dans les muscles peauciers; mais ces mouvements ressemblent à des frissonnements et n'ont aucun rapport avec les convulsions violentes que nous venons de voir se produire sous l'influence de la strychnine; enfin l'animal est mort et il tombe bientôt tout à fait flasque.

L'apparence extérieure suffirait donc seule à distinguer les effets des deux poisons d'une manière aussi nette que possible.

Les doses que nous avons données étant des doses limites, ces lapins échapperont à un empoisonnement définitif (et à cette dose il aurait suffi de mettre l'animal à jeun pour qu'il succombât, tellement ces expériences peuvent être exactes).

Du reste, quand les animaux reviennent, les effets de la strychnine durent moins longtemps que ceux du curare.

Voici maintenant deux grenouilles également entièrement comparables que nous empoisonnons avec excès, l'une par la strychnine, l'autre par le curare, toujours en injectant le poison dans le tissu cellulaire sous-cutané. La première meurt au milieu de violentes convulsions qui roidissent tous ses membres, comme le lapin que nous venons d'opérer. L'autre, au contraire, succombe sans donner le moindre signe de convulsion, ainsi que nous vous l'avons du reste montré bien des fois déjà. Maintenant, en faisant l'autopsie immédiate et en excitant les nerfs de la grenouille curarée nous les trouvons complétement insensibles à l'irritation électrique, tandis que les nerfs de la grenouille strychnée font contracter encore énergiquement les muscles.

La différence entre les effets du curare et ceux de la strychnine est donc bien tranchée, quand on se place dans des conditions identiques. Il y a cependant des

Digitized by Google

expériences qui font illusion par une certaine similitude entre ces deux poisons. Ces expériences réussissent surtout en été. Pendant la saison chaude il arrive quelquefois, lorsqu'on ouvre une grenouille empoisonnée par la strychnine et que l'empoisonnement a été rapide, qu'on trouve les propriétés des nerfs moteurs plus ou moins détruites. Il peut même arriver que, l'empoisonnement étant extrêmement rapide, les convulsions durent très-peu de temps et passent presque inaperçues, de sorte que la seconde période, celle du relâchement complet des membres, semble se produire tout de suite et être la seule. Mais dans ces cas il y a toujours un caractère essentiel qui ne manque jamais et qui distingue complétement les effets de la strychnine de ceux du curare, c'est que constamment, dans l'empoisonnement par la strychnine, le système nerveux sensitif a été frappé avant le système nerveux moteur, celui-ci ne périssant que consécutivement; tandis qu'avec le curare c'est le système moteur qui a été frappé avant le système sensitif, ce dernier ne périssant que consécutivement.

Or toute la question est là : déterminer l'élément qui a été frappé le premier, c'est la seule chose que nous puissions faire, et c'est la seule chose qui soit intéressante; car il n'y a pas d'autre différence entre les poisons. Quel que soit l'élément frappé le premier, il arrive ensuite que tous les autres périssent également dès que l'organisme ne peut plus fonctionner. Mais il est évident que si l'on veut analyser convenablement les faits, ce n'est pas le moment ultime de l'empoisonnement qu'il faut considérer, mais son début, qui est seul spécial.

La strychnine et le curare sont tellement différents l'un de l'autre que la comparaison entre ces deux poisons conduit, sur presque tous les points, à constater des caractères opposés. Ainsi, quand on empoisonne par la strychnine et par le curare, on constate que les nerfs ne peuvent recevoir l'influence de la strychnine que par leur extrémité médullaire ou centrale, tandis que les effets du curare ne peuvent se produire que lorsque ce poison touche l'extrémité périphérique ou musculaire.

Voici, en effet, une expérience qui le prouve clairement. Cette expérience a été faite pour la première fois par M. Pelikan, et précisément dans l'intention de montrer que le curare et la strychnine sont deux substances très-différentes. Nous prenons deux grenouilles sur lesquelles nous coupons un nerf sciatique, en ayant soin de ne pas léser les vaisseaux du membre, et nous voyons alors, en soumettant l'une de ces grenouilles à une injection de strychnine et l'autre à une injection de curare sous la peau, que le curare empoisonne le bout périphérique du nerf sciatique divisé, tandis que la strychnine reste absolument sans action sur ce nerf.

Sur deux autres grenouilles, nous lions les vaisseaux d'un membre en laissant le nerf sciatique intact et en dehors de la ligature. De cette manière, les vaisseaux qui se rendent dans le membre ne peuvent plus porter le poison à l'extrémité des nerfs. Alors, dans ce cas, le curare ne produit aucun effet sur le nerf sciatique, mais la strychnine l'empoisonne parfaitement. Cette expérience comparative montre bien que la strychnine ne peut produire son effet qu'en touchant la moelle épinière, tandis que le curare reste sans action tant qu'il n'est pas en contact avec l'extrémité périphérique ou musculaire du nerf moteur.

Voici maintenant une autre expérience imaginée par M. Claude Bernard et qui conduit aux mêmes conclusions. Elle consiste à lier une grenouille par le milieu du corps, en n'exceptant de la ligature que les nerfs lombaires qui se rendent dans les membres. Il n'y a donc plus de communication entre le train antérieur et le train postérieur, si ce n'est par ces nerfs lombaires. Qu'on empoisonne alors la grenouille en lui injectant du curare dans le train antérieur, et l'on verra que le train postérieur a été parfaitement préservé par la ligature, car il a conservé intactes les propriétés de ses nerfs. Si l'on opère au contraire avec de la strychnine en suivant exactement la même marche, on voit que la ligature ne produit aucun effet, et que la grenouille est prise de convulsions dans le train postérieur aussi bien que dans le train antérieur. Si l'on jette ces deux grenouilles dans l'eau, celle qui a été empoisonnée par le curare nage avec ses pattes postérieures dont elle a conservé l'usage, mais les membres antérieurs n'y concourent pas; car la paralysie est complète. Au contraire, celle qui a subi l'influence de la strychnine est incapable de tout mouvements et tombe au fond de l'eau; elle a tous les membres roides et il est facile de montrer que cette rigidité tient à l'état des nerfs et non à celui des muscles, car si l'on coupe les nerfs d'une des jambes, celle-ci se fléchit aussitôt et devient flasque.

Maintenant, il y a une autre question que nous devons examiner et qui a peut-être suscité les idées de MM. Martin Magron et Buisson. En essayant d'appliquer le curare à la thérapeutique, on avait en effet voulu prétendre que le curare et la strychnine se serviraient mutuellement de contre-poisons. C'est là ce que MM. Martin Magron et Buisson ne veulent pas admettre, et ils ont raison, car en donnant à la fois à un animal du curare et de la strychnine on rend sa mort doublement certaine. Mais ils crurent que pour être logiques et pour détruire l'idée d'antagonisme, il fallait prouver que ces deux substances ont des effets analogues. C'est là que commence leur erreur. En matière de science, il faut d'abord bien observer, ne jamais aller au delà des faits, et se tenir toujours très-près des phénomènes dans les explications qu'on en donne. Il ne faut pas vouloir être toujours rigoureusement logique dans la coordination actuelle des différents faits, parce que nous ignorons le plus souvent beaucoup de choses sur ces phénomènes, et que certains faits qui nous paraissent contradictoires peuvent très-bien se concilier plus tard à l'aide de faits intermédiaires encore inconnus aujourd'hui.

C'est pour vouloir être trop logiques, que MM. Mar-

Digitized by Google

tin-Magron et Buisson reprochent à M. Claude Bernard d'avoir communiqué à l'Académie des sciences les expériences de M. Vella sur l'action comparative du curare et de la strychnine, parce que cet expérimentateur essaye de démontrer entre les effets du curare et ceux de la strychnine un antagonisme que M. Claude Bernard n'admet pas, puisqu'il pense que dans l'empoisonnement les deux actions toxiques s'ajoutent au lieu de se détruire. Mais tout cela n'empêche pas qu'une injection d'une dissolution de curare n'arrête les convulsions chez un animal empoisonné par la strychnine, parce que les convulsions ne peuvent se produire qu'à la condition que les nerfs moteurs soient intacts.

Maintenant que M. Vella explique ce dernier résultat en admettant un véritable antagonisme entre les effets de la strychnine et ceux du curare, c'est une interprétation qu'il faut distinguer du fait. Nous aurons plus tard occasion de revenir sur ces faits à propos de l'action thérapeutique du curare; mais nous voulons seulement dire pour le moment qu'en supposant que l'explication donnée par M. Vella ne soit pas bonne, les faits qu'il a donnés n'en restent pas moins exacts, et il faut l'accepter franchement au lieu de chercher à le faire plier à des théories contradictoires comme MM. Martin Magron et Buisson le tentent. C'est un grand tort de vouloir ainsi, en matière de science, faire prévaloir le raisonnement sur l'expérience dans des questions aussi simples que celles que nous examinons. Nous sommes en effet si ignorants sur toutes les actions toxiques, que, si nous devons chercher à nous diriger plus aisément, nous devons toujours rester dans les faits et ne pas nous attacher à des idées qui n'ont le plus souvent aucune réalité. Nous ne savons pas ce que c'est qu'un poison, et encore moins un contre-poison ou un antidote. Il n'y a que des actions ou des phénomènes qui peuvent s'ajouter ou se masquer, mais il n'y a pas de forces toxique et antitoxiques. Un contre-poison n'est pas une substance qui neutralise le poison contre lequel on l'emploie; c'est simplement un agent qui crée dans l'organisme des conditions nouvelles qui peuvent influencer le mécanisme de l'empoisonnement. Nous reviendrons du reste plus tard sur cette notion des contre-poisons qui conduira à envisager tous les phénomènes toxiques et thérapeutiques à un point de vue beaucoup plus physiologique, et, nous le croyons, beaucoup plus exact.

## XXV.

### Action du curare sur le grand sympathique.

Nous allons étudier aujourd'hui une autre question relative au curare, sur laquelle il s'est produit quelques dissidences entre les divers expérimentateurs. Cet examen critique doit être extrêmement utile; car, pour faire progresser la science, il faut d'abord instituer des expériences, afin de découvrir les faits, puis chercher à coordonner ces faits en rapprochant les expériences et en les contrôlant l'une par l'autre, de manière à bien établir la portée de chacune d'elles et les conditions dans lesquelles elle a été faite. On ne peut procéder autrement, car la vérité ne se découvre pas d'un coup, et l'on ne peut l'atteindre que par des efforts persévérants et longtemps soutenus.

La question qui doit nous occuper aujourd'hui, c'est l'action du curare sur le système nerveux grand sympathique. — Tout le monde reconnaît aujourd'hui que les animaux sont paralysés rapidement par le curare dans le système moteur cérébro-spinal, et que c'est la paralysie des nerfs respiratoires qui, en rendant impossible la révivification du sang dans les poumons, amène l'asphyxie, et, par suite, la mort.

Quant à l'action du curare sur le grand sympathique, elle est encore controversée entre les divers physiologistes. Les uns soutiennent que le curare détruit également les propriétés des nerfs de la vie organique ou du grand sympathique et des nerfs des membres ou du système cérébro-spinal en général. D'autres, au contraire, soutiennent que le curare frappe exclusivement le système cérébro-spinal et n'atteint pas le grand sympathique.

Les anciens anatomistes avaient déjà distingué le grand sympathique du système cérébro-spinal, et Bichat admettait deux systèmes nerveux différents, comme deux systèmes musculaires, l'un pour les actes de la vie organique et l'autre pour les actes de la vie animale.

On peut sans doute trouver chez l'homme quelques différences d'aspect anatomique entre certains organes servant aux actes de la vie organique et d'autres organes analogues servant aux actes de la vie animale. Ainsi, en général, les muscles dans lesquels se terminent les filets nerveux du système de la vie organique sont constitués par des fibres lisses, tandis que les muscles dominés par le système nerveux cérébro-spinal sont plutôt formés par des fibres striées. Mais ce n'est point là une règle sans exception, car le cœur, par exemple, qui fait certainement partie des organes de la vie organique, est toujours formé par des fibres striées; et chez certains animaux, comme la tanche, l'intestin lui-même possède des fibres de ce genre. On ne peut considérer ces diverses espèces de fibres musculaires que comme des formes plus ou moins perfectionnées d'une même substance, d'un même élément organique.

Faut-il en dire autant des deux systèmes nerveux distingués par Bichat, et ne devons-nous y voir que des formes diverses et plus ou moins perfectionnées d'une même chose? On a quelquefois considéré le grand sympathique comme séparé complétement du système cérébro-spinal et pouvant se développer sans lui d'une manière indépendante. Mais c'est là une manière de voir qui ne peut plus cadrer avec tous les résultats de l'observation; car on a établi dans plusieurs cas la dépendance du grand sympathique vis-à-vis de l'axe cérébro-spinal. Ainsi MM. Budgé et Waller ont parfaitement montré que

Digitized by Google

les nerfs de l'iris, considérés par tout le monde comme faisant partie du grand sympathique, prenaient cependant leur origine dans la moelle épinière, et, par suite, dépendaient du système cérébro-spinal.

Un ganglion du grand sympathique peut sans doute servir de centre à une action réflexe isolée, ainsi que M. Claude Bernard l'a montré récemment pour le ganglion sous-maxillaire. En effet, en irritant la langue avec un corps sapide comme du vinaigre, on provoque une action réflexe dont le centre est dans ce ganglion. Mais, bien que le ganglion sous-maxillaire puisse présider à une action réflexe, il n'en dépend pas moins encore, jusqu'à un certain point, du cerveau pour sa nutrition; et, en effet, ce ganglion dégénère quelques jours après qu'on a coupé les filets qui l'unissaient au cerveau, et lorsque ces filets nerveux se sont régénérés, il se rétablit bientôt lui-même et peut alors recommencer à fonctionner.

M. Claude Bernard avait cru autrefois et écrit que le curare ne détruisait que les propriétés du système cérébro-spinal, et il admettait qu'alors, au contraire, les fonctions du grand sympathique, loin d'être détruites, se trouvaient exagérées. En effet, toutes les sécrétions sont alors activées par le curare, aussi bien les sécrétions internes, comme la sécrétion glycogénique du foie, que les sécrétions externes, comme celles de l'urine, de la salive, des glandes lacrymales, du suc pancréatique, etc.

Mais on a combattu en Allemagne l'opinion de M. Claude Bernard, en disant que chez les animaux empoisonnés par le curare le grand sympathique de l'œil ou des glandes perd également sa propriété de réagir sous l'influence de l'électricité.

M. Claude Bernard a reconnu ces faits. Seulement il fait remarquer que cette paralysie du grand sympathique arrive très-tard dans certaines parties, et lorsque l'animal est complétement asphyxié par suite de l'empoisonnement par le curare qui arrête les mouvements respiratoires. Toutefois, les faits observés par M. Claude Bernard sur l'exagération des sécrétions n'ont pas changé, quelle que soit l'idée qu'on ait sur la paralysie du grand sympathique. C'est ainsi qu'on doit toujours procéder en matière de science : on peut changer d'explication aussi souvent qu'on le veut; mais, ce qui doit rester immuable, c'est le fait lui-même, pourvu toutefois que l'observation soit bonne.

Lorsque M. Claude Bernard croyait que le grand sympathique échappait à l'action toxique du curare, on combattit, avons-nous dit, cette opinion en Allemagne en s'appuyant sur des expériences directes. On montra, en effet, d'une manière incontestable que le grand sympathique finit par être paralysé par le curare, de même que le cérébro-spinal. Ainsi, quand l'empoisonnement par le curare était complet, on ne pouvait plus arrêter les contractions du cœur par l'irritation galvanique du nerf pneumogastrique, ce qui prouvait que ce nerf avait perdu ses propriétés ordinaires et ne pouvait plus exercer sur le cœur son action ordinaire. Enfin, M. Claude Bernard montra lui-même que sur un animal empoisonné par le curare, l'électrisation du nerf lingual ou son irritation par un autre agent, comme le vinaigre, ne provoquait plus la sécrétion de la salive ou ne l'activait plus lorsqu'elle se faisait déjà en certaine proportion, comme cela a lieu avant l'empoisonnement par le curare.

Cependant M. Vulpian a fait, dans ces derniers temps, de nouvelles expériences dont il semble conclure que le grand sympathique est plus ou moins épargné par le curare.

Les faits observés par M. Vulpian sont exacts, car c'est un très-bon expérimentateur. Ils ont été vérifiés, pour la plupart, par M. Claude Bernard lui-même. Mais il y a, ainsi que nous le disions plus haut, deux choses distinctes : les faits et les conclusions qu'on tire de ces faits. D'abord il est incontestable que le curare finit par détruire les propriétés de tous les nerfs moteurs, ceux du grand sympathique comme ceux du cérébro-spinal; seulement le grand sympathique est empoisonné le dernier; et, lorsqu'on fait cesser les effets du poison par l'emploi de moyens convenables, c'est lui qui semble recouvrer le premier ses propriétés, ou du moins il ne semble pas continuer à s'empoisonner, comme cela a lieu pour le système cérébro-spinal. Nous allons voir que cette circonstance a pu induire en erreur dans bien des cas.

Lorsqu'on empoisonne un animal par le curare, il finit par arriver un moment où le cœur ne reçoit plus que du sang noir dans le ventricule gauche; en effet, les mouvements d'inspiration et d'expiration ne s'effectuent plus, le poumon ne peut plus révivifier le sang noir qui lui arrive. Si l'on pratique alors la respiration artificielle pour suppléer à ces mouvements du thorax et du diaphragme éteints par l'action du curare, l'animal peut revenir à lui, et ses nerfs reprendre leurs propriétés. Voici alors les différents phénomènes que l'on peut remarquer successivement.

Quand on commence la respiration artificielle, le nerf sciatique, s'il n'avait pas encore perdu ses propriétés physiologiques, dans tout son parcours, continue à les perdre, parce que le premier effet de la respiration artificielle est d'achever l'empoisonnement du nerf en entretenant la circulation, et par conséquent l'absorption interstitielle, et en même temps l'absorption du poison qui existe encore sous la peau. Ce n'est que lorsque cette provision est épuisée que la respiration artificielle peut agir comme moyen de désempoisonnement. Mais, si l'on a injecté le poison dans les veines, l'empoisonnement est subit et complet, et alors la respiration artificielle ne peut plus continuer à empoisonner le nerf; elle agit immédiatement en le désempoisonnant.

Lorsque l'animal commence à revenir définitivement, parce que la quantité de poison qu'il élimine n'est plus remplacée par une quantité équivalente qu'il absorbe, les nerfs recouvrent peu à peu leurs propriétés, mais sont-ce les nerfs du grand sympathique ou du système

Digitized by Google

cérébro-spinal qui les recouvrent les premiers? La question ne me paraît pas pouvoir être résolue pour le moment d'une manière absolue. Les nerfs qui ont été frappés les derniers doivent être les moins empoisonnés, et devraient, toutes choses égales d'ailleurs, revenir les premiers, et sous ce rapport, le grand sympathique devrait renaître le premier, et les nerfs des membres les derniers, d'où il résulterait que l'engourdissement du grand sympathique devrait durer moins longtemps que celui du cérébro-spinal; mais il peut arriver aussi que l'empoisonnement soit arrêté de manière que le système cérébro-spinal soit seul empoisonné.

Il y a donc, dans les phases successives d'un empoisonnement par le curare, certains moments dans lesquels les nerfs du grand sympathique peuvent être excitables par l'électricité, tandis que les nerfs du système cérébro-spinal ne le sont pas. C'est là un fait positif. C'est surtout dans ces moments, et en se plaçant dans ces conditions particulières, que l'on peut conclure que le curare empoisonne le système cérébro-spinal, sans empoisonner le système grand sympathique.

Mais est-ce là une raison pour distinguer physiologiquement le système nerveux grand sympathique et le système nerveux cérébro-spinal?

Ce qui doit distinguer deux organismes élémentaires, c'est la diversité des fonctions et des propriétés irréductibles les unes dans les autres, mais non pas de simples différences d'intensité, quelque grandes qu'elles puissent être. La science a pour but de renouer les faits à d'autres faits de plus en plus simples : c'est là ce qu'on appelle les expliquer. Or il y a des diversités d'intensité physiologique d'un individu à un autre individu, des idiosyncrasies qui font que l'un ne ressent pas la même chose que l'autre, ou ne la ressent pas aussi vivement; mais ce sont là des circonstances qui doivent s'expliquer par des conditions particulières, et ne porter au fond que sur une question de plus ou de moins, c'est-à-dire sur une question d'intensité, et non de nature.

Les conditions des expériences de M. Vulpian sont exactes, mais je ne voudrais pas encore en conclure que le grand sympathique n'ait pas été atteint par le curare, comme le système cérébro-spinal, bien que j'aie autrefois soutenu cette opinion. En effet, des expériences que j'ai faites depuis, et dont j'aurai plus tard l'occasion de vous entretenir, m'ont appris que ce que nous appelons le grand sympathique est quelque chose de fort peu défini. Il y a, je crois, à distinguer dans les nerfs sympathiques ce qui appartient aux différentes espèces de nerfs, et il ne serait pas impossible qu'il y eût certains de ces nerfs qui résistassent au curare. Nous voyons bien, en effet, dans le système cérébro-spinal le nerf sensitif rester absolument à l'abri du curare, tandis que le nerf moteur est empoisonné dans toute son étendue, par le même agent.

Le curare, ainsi que nous l'avons déjà dit depuis longtemps, distingue donc les systèmes organiques les uns des autres, puisqu'il agit sur le système nerveux, et pas sur les autres systèmes; mais dans le système nerveux, il distingue aussi les divers éléments des uns des autres. C'est donc encore, comme vous le voyez, une question à l'étude pour le grand sympathique, et il faut attendre encore de nouveaux faits pour la juger. Nous continuerons, du reste, cette analyse, aussi loin que nous pourrons aller aujourd'hui en physiologie. Il serait dangereux d'avoir des systèmes qui prétendent toujours être immuables. Ce qu'il faut, ce sont des théories ou des idées qui nous aident à chercher, mais qui sachent changer toutes les fois que les faits l'exigeront, pour se plier aux nouveaux progrès de la science.

Examinons donc maintenant les idées que nous pouvons nous faire de la cause intime, ou la plus prochaine, de l'empoisonnement par le curare. Il est certain que c'est sur l'extrémité terminale de la fibre nerveuse dans la fibre musculaire, que se produit l'action toxique du curare. Dans les nerfs de la vie animale, voici comment se fait cette terminaison. L'enveloppe de la fibre nerveuse élémentaire se continue avec l'enveloppe de la fibre musculaire; puis le *cylinder axis* pénètre dans l'intérieur de la substance musculaire, et s'y épanouit aussitôt en un amas de substance nerveuse; c'est ce que l'on appelle la plaque nerveuse. M. Trinchèse, ainsi que nous vous l'avons dit précédemment, a cru, par des expériences faites dans notre laboratoire, avoir constaté qu'il y avait là, dans cette plaque, une altération particulière après l'empoisonnement par le curare. Pour les nerfs de la vie organique, la terminaison de la fibre nerveuse serait toute différente, d'après les recherches mêmes de M. Trinchèse. La fibre nerveuse pénétrerait dans l'intérieur de la fibre musculaire lisse qu'elle domine; il se trouverait une sorte de noyau de cellule placé au point d'immergence de la fibre nerveuse dans la fibre musculaire lisse, et ensuite la fibre nerveuse se diviserait en deux branches qui se prolongeraient en sens opposé et assez avant, dans l'intérieur de la fibre musculaire; il n'y aurait pas de plaque nerveuse, et peut-être que l'absence de cet organe terminal dans le nerf moteur pourrait modifier, ralentir ou empêcher l'action du curare. Ce sont là, du reste, des hypothèses que nous imaginons à propos de faits extrêmement délicats, qui ont encore besoin d'être étudiés, et sur lesquelles il est difficile, sinon impossible, de se prononcer maintenant d'une manière positive.

M. Claude Bernard est donc d'accord avec M. Vulpian sur les faits bruts, et c'est là l'important. Quant à l'interprétation qu'on leur donne, elle peut très-bien être discutée. Les différences de sensibilité à l'action du curare entre les nerfs du grand sympathique et ceux du cérébro-spinal pourront s'expliquer par de nouvelles recherches. Mais le danger, c'est de se faire des idées fixes, parce qu'elles empêchent de chercher, ou elles égarent : ce qui, dans les deux cas, est également nuisible à l'avancement de la science.

Digitized by Google

C'est là un fait très-important, au point de vue de l'emploi thérapeutique de cette substance, de savoir si le curare agit ou non sur le grand sympathique.

Le champ d'action d'un médicament doit, en effet, être connu, avant qu'on se rende compte de ses effets. Il serait à désirer qu'on fît une étude physiologique complète de chaque médicament avant de l'employer : car, à défaut de cette étude préalable, la thérapeutique n'est qu'un empirisme aveugle et non pas toujours sans danger.

Les leçons du second semestre seront consacrées encore à poursuivre nos recherches sur le curare, sur les diverses espèces de nerfs, et à rechercher, s'il se peut, le mécanisme intime de cette action. Nous avons à notre disposition la curarine, avec laquelle nous pourrons faire des recherches comparatives, afin d'établir précisément des expériences, qui, tout en nous servant de moyens d'analyse des phénomènes nerveux, nous fournissent des faits qui pourront devenir les bases de l'emploi thérapeutique de cette substance singulière, dont nous possédons aujourd'hui le principe actif à l'état d'isolement.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIQUE APPLIQUÉE A L'HISTOIRE NATURELLE.

COURS DE M. BECQUEREL (1)

(de l'Institut).

### IV.

**Des phénomènes physiques chez les êtres vivants.**

Après avoir examiné les phénomènes d'endosmose dans les corps inorganiques et passé en revue les différents effets auxquels ils donnent lieu, nous allons voir comment ils agissent dans les corps organisés. Sans aucun doute, l'écoulement des liquides dans les corps organisés obéit toujours aux actions physiques et chimiques dont nous avons déjà parlé; mais ces actions sont sans cesse modifiées par les tissus en raison même de leur constitution et des propriétés vitales qu'ils possèdent, propriétés qui disparaissent après la mort. Les tissus sont donc réellement les organes de la vie, puisque c'est entre leurs molécules que s'opèrent les fonctions vitales. Leur étude intéresse nécessairement le physicien; mais elle exige toutefois des connaissances anatomiques dont nous ne nous occuperons pas ici.

Les tissus jouissent de propriétés fondamentales : l'extensibilité et l'élasticité, qui modifient singulièrement les phénomènes d'imbibition et d'absorption. Quand la vie cesse, ces forces deviennent prépondérantes, et reprennent leur énergie par suite du relâchement de toutes les parties : l'endosmose se trouve remplacée par l'imbibition, d'où il résulte un mélange des liquides contenus dans l'économie, mélange qui détermine et active les phénomènes de décomposition et enfin la putréfaction.

Si l'on boit, étant à jeun, de dix en dix minutes, un verre d'eau ordinaire, cette eau, renfermant en dissolution moins de sels que n'en contient le sang, passe rapidement dans la circulation : le sérum augmente en quantité, et il y a bientôt émission d'urine avant l'absorption du troisième verre. Si l'eau, au contraire, renferme autant de sels que le sang, il n'y a plus d'émission extraordinaire d'urine : c'est précisément ce qui arrive lorsqu'on boit en mangeant. Enfin, si l'eau renferme une quantité de sels beaucoup plus considérable, elle ne passe plus dans la circulation, et se trouve rejetée dans les intestins : elle agit alors comme purgatif.

Examinons maintenant ce que devient le sang après la mort. Pendant la vie, les artères contiennent à peu près 15 kilogrammes de sang artériel; après la mort, presque tout a disparu. Le côté gauche du cœur est à peu près complétement vide, ainsi que les artères; le côté droit, les grosses et les petites veines sont la plupart du temps dépourvues de sérosité : cette sérosité a probablement filtré à travers les divers tissus de l'organisme. Le sang tend à s'accumuler dans les parties déclives, comme la partie postérieure du tronc, par exemple, si c'est sur elle que le corps se trouve appuyé. On a remarqué que cette imbibition se fait beaucoup plus facilement en été.

Quand l'estomac contient des liquides à l'instant de la mort, rien n'est plus commun que de trouver, à l'autopsie, que ces liquides ont imbibé la muqueuse ainsi que les membranes qui constituent les parois de l'estomac; cette imbibition est quelquefois si considérable, qu'elle détermine la perforation des parois. La bile aussi filtre un peu à travers les parois qui l'enveloppent. A l'autopsie, on trouve, par suite, les environs de la vésicule du fiel fortement colorés par la bile infiltrée. Chose curieuse cependant, l'urine ne filtre pas, et n'imbibe pas la vessie; il ne s'y produit pas d'exosmose; tout au contraire, il y a endosmose des liquides extérieurs dans la vessie.

Suivant M. Natalis Guillot, le cerveau possède après la mort une grande avidité pour l'eau : un morceau de la substance cérébrale d'un chat ou d'un chien, plongé dans de la sérosité ou de l'eau, double de poids. Pendant la vie, les ventricules cérébraux sont remplis d'une sérosité claire et transparente qui, après la mort, est absorbée entièrement, ou du moins en grande partie, par le cerveau. L'hydrocéphale aiguë, chez les enfants, consiste dans l'épanchement d'une quantité anormale de sérosité dans les ventricules du cerveau. Après la mort, on ne retrouve que très-peu ou point de cette sérosité.

L'hydropisie consiste aussi dans l'épanchement d'une certaine quantité de sérosité dans le tissu cellulaire ou les membranes séreuses, telles que le péritoine. Après la mort, cette sérosité imbibe et pénètre les organes avec lesquels elle se trouve en rapport, ce qui n'a pas lieu sous l'empire de la vie.

Le globe de l'œil, après la mort, n'est plus arrondi : il devient mou, flasque, et contient moins de liquides qu'auparavant. Ceux-ci ont passé, par l'effet de l'imbibition, à travers les parois du globe. Ce qui le prouve, c'est que la cornée transparente devient demi-opaque, effet qui provient de ce qu'elle a été imbibée par les liquides contenus dans la chambre de l'œil.

On peut à volonté produire ces effets d'absorption dans le membre d'un animal, en détruisant la force vitale : c'est-à-dire en arrêtant, au moyen d'une ligature, l'arrivée du sang artériel, et détruisant ainsi l'influence nerveuse. Dans ce cas, la gangrène ne tarde pas à se déclarer. M. Séguin a fait une application heureuse des phénomènes d'endosmose à la conservation des cadavres. Il coupa le bras d'un enfant mort, en

(1) Voy. les nos 1, 6 et 10.

Digitized by Google

ayant le soin de laisser des lambeaux de chair, pour recouvrir par une ligature la partie mise à nu. Il plongea ensuite ce membre dans de l'eau renfermant du sucre, du sel et de la gélatine en quantité suffisante pour donner à la dissolution une consistance sirupeuse. Peu à peu l'eau contenue dans les chairs passa dans la dissolution, tandis que les substances tenues en dissolution pénétrèrent dans le bras. Il put ainsi arrêter et empêcher la putréfaction.

Dans l'agonie, la force vitale diminuant de plus en plus, les forces inorganiques tendent sans cesse à l'emporter. La mort, dans ce cas, arrive la plupart du temps par le poumon, attendu que le sang filtrant à travers les vaisseaux comprime fortement cet organe et l'empêche de fonctionner.

L'absorption de certaines matières colorantes, telles que la garance, par exemple, s'explique aussi très-bien. Pris à l'intérieur par les animaux, le principe colorant de la garance pénètre les os et les teint en rouge; il ne faut guère pour cela plus de cinq heures, si l'on expérimente sur des oiseaux tels que les pigeons. Enfin, cette absorption paraît d'autant plus faible que l'animal est plus âgé.

Les faits que nous venons d'exposer sont d'une grande importance, en ce qu'ils montrent la lutte continuelle qui existe entre le principe de la vie et les forces physiques. Les rapports qui existent entre toutes ces forces doivent être observés avec le plus grand soin par le médecin, s'il veut être à même d'employer les moyens les plus efficaces dont il peut disposer pour maintenir constamment l'équilibre. Souvent on attribue à des causes occultes ce qui n'est qu'un effet naturel des forces physiques connues. Il faut donc bien se garder de faire intervenir des forces nouvelles là où il n'est besoin que d'employer les forces physiques. Et, en effet, on ne devrait jamais perdre de vue que la nature ne dispose ordinairement que d'un nombre très-restreint de moyens : lui en attribuer un grand nombre, c'est l'amoindrir en détruisant son unité.

### DISSOLUTION DES GAZ DANS LES LIQUIDES.

Les liquides absorbent tous les gaz en proportions différentes, suivant leur nature et celle des gaz. Ce phénomène est du même ordre que celui de la dissolution des solides; il est seulement plus régulier dans ses effets, en raison même de la plus grande homogénéité des gaz. On peut lui donner le nom de dissolution; mais on ne doit pas le considérer, dans toutes les circonstances, comme une combinaison chimique. En effet, quelques gaz, tels que l'ammoniaque, le dissolvent en grande quantité, de manière à former des hydrates; mais on ne peut donner le nom de combinaison à la dissolution de l'hydrogène ou de l'oxygène dans l'eau.

Tous les liquides peuvent contenir des gaz interposés entre leurs molécules : nous prendrons l'eau pour exemple. L'eau dissout d'autant plus de gaz que la température est plus basse, et que la pression exercée par la portion du gaz non dissous qui se trouve dans l'atmosphère ambiant est plus considérable.

Lorsqu'un volume d'eau quelconque se trouve en contact avec un espace limité, l'eau en absorbe sous forme de dissolution une portion telle, que cette portion occupant un volume égal à celui du liquide, possède une force élastique qui est une fraction constante de la pression qu'exerce le gaz non dissous sur la dissolution. Cette fraction est tout à fait indépendante de la valeur absolue de la pression. Elle est $1/n$ pour l'azote, $1/n'$ pour l'oxygène, etc.

Quand plusieurs gaz sont mélangés, l'eau dissout chacun de ces gaz, comme si elle se trouvait en contact avec une atmosphère simple de chacun d'eux. Considérons l'eau en contact avec l'air : elle dissout de l'azote, comme si elle se trouvait en contact avec une atmosphère simple de ce gaz égale aux $\frac{4}{5}$ de celle de l'atmosphère, et une quantité d'oxygène égale à celle qu'elle dissoudrait. Là elle se trouvait en présence d'une atmosphère simple d'oxygène pur, exerçant une pression cinq fois plus petite que celle de l'atmosphère.

L'eau saturée d'air en contient $\frac{1}{15}$ de son volume : Si elle en contient moins de $\frac{1}{17}$, elle est peu favorable à la végétation : les eaux de puits et de neige sont dans ce cas, ainsi que les eaux renfermées et destinées à l'arrosage.

L'eau qui tient en dissolution du sel marin a perdu une grande partie de sa faculté de dissoudre les gaz. Cette faculté varie avec les sels, on en profite pour recueillir sur l'eau des gaz peu solubles.

Les liquides visqueux absorbent également les gaz, mais plus lentement. En général, un liquide a d'autant plus de capacité pour les gaz que sa densité est moindre.

Les eaux dormantes et celles qui ont été conservées longtemps dans des vases de bois ne contiennent pas d'oxygène, parce qu'il est consumé par les substances qui se putréfient; par contre, cette eau est saturée d'azote, et lorsqu'on l'agite au contact de l'air, elle n'absorbe que de l'oxygène.

Sur les hautes montagnes, l'eau contient aussi fort peu d'air en dissolution, parce que la pression est moindre que dans les plaines. — Armand Descamps, pharmacien.

---


### LIBRAIRIE GERMER-BAILLIÈRE.

DELVAILLE (de Bayonne). — De l'exercice de la médecine, nécessité de réviser les lois qui le régissent en France, précédé d'une lettre de M. Jules Simon. In-8 de 144 pages. 2 fr.

La science et les savants en 1864, par M. Victor Meunier, rédacteur scientifique de l'*Opinion nationale*. 1re année, 1 vol. in-18 de 366 pages. 3 fr. 50

Dictionnaire annuel des progrès des sciences et institutions médicales, comprenant par ordre alphabétique de matières l'analyse de tous les travaux faits en France et à l'étranger pendant l'année, relatifs aux sciences médicales, par M. Garnier; précédé d'une Introduction par M. le docteur Amédée Latour. 1re année, 1864. 1 vol. in-18 de 500 pages. 5 fr.

Traité des champignons au point de vue botanique, alimentaire et toxicologique, par M. l'abbé Morel. 1 vol. in-18 contenant plus de 100 figures. 4 fr.


---

*Sommaire de la Revue des cours littéraires du 13 mai 1865.*


Université de Gœttingue. Littérature ancienne. Cours de M. *E. Curtius* : La parole et l'écriture chez les Grecs. — Entretiens littéraires de la Chaussée-d'Antin. Histoire et morale. Conférence de M. *E. Bersier* : Wilberforce. — Salons de la rue de la Paix. Voyages. Conférence de M. *Ernest Morin* : L'Afrique et l'esclavage. — Bulletin des cours : M. Philarète Chasles.


---


*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.


Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 25. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 20 MAI 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1[illegible] | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, | 15 fr. | Départ., | 18 fr. | Étranger, | 20 fr. |
| Un an..... | — | 26 | — | 30 | — | 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences.**

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : Mouvements provoqués par la blessure d'une moitié de l'encéphale. — Physiologie du cervelet.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : VII. De l'alcool méthylique.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie** (Zoophytes). — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : VI. Classification générale des Zoophytes.

**Variétés.** — Les dissolutions sursaturées, par M. CH. VIOLETTE.

---

Paris, 19 mai 1865.

M. Pasteur a présenté lundi dernier, à l'Académie des sciences, une nouvelle note de M. Gérnez sur les phénomènes de sursaturation que présentent certaines dissolutions salines. Il résulte des nouvelles recherches de M. Gernez que ces phénomènes de sursaturation sont bien moins rares qu'on ne le croyait jusqu'ici, puisqu'il les a observés sur les dissolutions de vingt sels environ, tandis qu'elles n'étaient encore connues que pour quatre ou cinq seulement. Quant à l'explication de la prise en masse subite de ces dissolutions sursaturées, il la trouve toujours, comme M. Violette (de Lille), dans l'introduction, au milieu de la dissolution sursaturée, de petits fragments de cristaux de la substance en dissolution. M. Frémy fait remarquer, à cette occasion, qu'il est bien difficile d'admettre la présence dans l'atmosphère de germes minéraux d'une vingtaine de substances salines, et encore ce nombre peut-il s'augmenter par la suite. M. Pasteur répond que M. Gernez lui-même, tout en constatant l'influence qu'exercent très-souvent les poussières de l'atmosphère sur la cristallisation subite des dissolutions sursaturées, avoue qu'il y a une cause d'erreur très-fréquente, et très-difficile à éviter : c'est la présence, à la partie supérieure du col du matras sur lequel on opère, de petits cristaux microscopiques, qui peuvent très-bien tomber dans la dissolution, au moment où l'on enlève le papier qui ferme le matras et empêche l'accès de l'air atmosphérique.

M. Fremy a communiqué à l'Académie les résultats des recherches qu'il vient d'exécuter sur les propriétés chimiques des ciments hydrauliques, et particulièrement sur la propriété qu'ils ont de durcir sous l'eau. Ces ciments contiennent toujours, comme parties essentielles, du carbonate de chaux ($Ca,CO^2$) et du silicate d'alumine ($Al^2O^3,SiO^3$). On admet généralement qu'il se forme un silicate double d'alumine et de chaux ($CaO, Al^2O^3,SiO^3$), qui s'hydraterait ensuite au contact de l'eau. D'autres auteurs ont soutenu qu'il se formerait un aluminate de chaux ($CaO,Al^2O^3$), et un silicate de chaux ($CaO,SiO^3$), lesquels durciraient également en s'hydratant. M. Fremy a examiné les modifications qu'éprouvent au contact de l'eau les corps qui peuvent se former par les réactions mutuelles, les uns sur les autres, des divers éléments compris dans les ciments hydrauliques. Parmi ces corps, l'aluminate de chaux à 1, 2 ou 3 équivalents de base ($CaO,SiO^3,2Cao,SiO^3,3CaO,SiO^3$) s'hydrate facilement, comme l'ont observé déjà d'autres expérimentateurs. Ce corps est donc un des éléments de la solidification des ciments hydrauliques. Quant au silicate de chaux ($CaO,SiO^3$) et au silicate double d'alumine et de chaux ($CaO,Al^2O^3,SiO^3$), ils ne sont pas susceptibles de s'hydrater directement, mais ils peuvent le faire à la manière des pouzzolanes, quand ils



Digitized by Google

sont basiques, et contiennent au plus 35 pour 100 de silice.

M. Henri Sainte-Claire Deville a présenté, au nom d'un savant étranger, un travail d'où il résulte que le charbon est susceptible de s'enflammer à froid dans un mélange d'acide azotique monohydraté et d'acide sulfurique de Nordhausen; en chauffant très-légèrement ce mélange, on peut obtenir de l'oxygène.

M. Pelouze a présenté un travail relatif aux réactions des différents métalloïdes sur le verre, et à la présence des silicates alcalins dans les différentes espèces de verres; — M. Persoz, une note sur l'état moléculaire des corps; — M. Kuhlmann, un mémoire sur les combinaisons de l'eau avec les matières salines; — et M. de la Rive, les résultats de ses expériences sur les propriétés optiques que détermine dans un corps le passage de courants électriques.

Enfin, M. Claude Bernard a présenté un ouvrage de M. Stilling sur l'anatomie du cervelet, qui fait suite à la grande publication consacrée par cet auteur à l'anatomie du système nerveux. Les planches de cette livraison ne comprennent pas l'anatomie microscopique du cervelet qui paraîtra plus tard.

Émile Alglave.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

COURS DE M. VULPIAN (1).

### XXV.

**Mouvements provoqués par la blessure d'une moitié de l'encéphale. — Physiologie du cervelet.**

A la fin de notre dernière réunion, nous avons abordé un nouvel ordre de faits. Je vous ai signalé le mouvement de rotation provoqué par une blessure des tubercules quadrijumeaux ou plutôt bijumeaux, puisqu'il s'agissait d'un oiseau.

Nous allons déterminer l'apparition de ces phénomènes sur des poissons, des reptiles et des mammifères. Vous voyez sur ces divers animaux que je viens d'opérer sous vos yeux des mouvements de rotation d'une uniformité bien remarquable. Mais ce qu'il faut noter avec soin, c'est que ces mouvements dépendent des faisceaux sous-jacents, et non des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux eux-mêmes; c'est la blessure des pédoncules cérébelleux qui les engendre. Ce n'est, du reste, qu'un exemple des phénomènes plus ou moins analogues qui se montrent dans les cas de lésion portant seulement sur un point quelconque d'une moitié de l'encéphale, soit que l'on blesse un des hémisphères cérébraux, un des corps striés, une couche optique (Schiff), un pédoncule cérébral (Magendie), une moitié du pont de Varole, un tubercule quadrijumeau (Flourens), un pédoncule du cervelet, surtout le moyen, ce qui produit le mouvement de roulement de l'animal autour de l'axe du corps, mouvement que vous pouvez voir si manifeste chez ce rat; soit que l'on blesse la moelle allongée, comme l'a fait Magendie pour les corps olivaires; en dehors des pyramides, M. Brown-Séquard, pour l'origine du nerf facial, et pour la face postérieure du bulbe; enfin, soit que l'on blesse, comme nous le verrons dans quelques instants, les canaux semi-circulaires ou les nerfs acoustiques.

Dans tous ces cas, le mouvement de rotation se produit, mais avec une forme variable. Souvent, c'est le mouvement de manége, soit que l'animal décrive une circonférence dont son corps forme l'arc mobile, soit que sa tête réponde à la circonférence, tandis que son train postérieur regarde le centre, le corps figurant ainsi une partie du rayon qui se meut circulairement, soit que le train postérieur soit au centre même. Enfin, la dernière variété est celle que vous venez de constater chez ce rat, qui roulait sur lui-même. Ce dernier mouvement peut d'ailleurs coïncider avec un mouvement de manége.

Souvent, dès que la lésion est produite, on voit la tête de l'animal se fléchir vers l'une ou l'autre épaule, et, dans certains cas, elle subit un mouvement de rotation sur l'axe du cou, de telle sorte que le museau est dirigé à droite ou à gauche. En même temps que ces phénomènes, l'on peut noter une déviation des yeux, signalée par Magendie, et que vous pouvez constater sur ce rat. Cette déviation des yeux, bien digne de notre attention, semble être un résultat de la tendance à la rotation, tendance irrésistible, comme vous voyez.

On observe des phénomènes du même genre dans la pathologie humaine. Dans les cas de lésion cérébrale unilatérale, que la lésion siége dans les hémisphères cérébraux, les corps striés, les couches optiques, le cervelet ou les diverses parties de l'isthme cérébral, que ce soit une hémorrhagie ou un ramollissement; il y a souvent déviation des deux yeux, en même temps qu'on observe l'hémiplégie. La déviation des yeux qui se produit alors est d'ordinaire un phénomène passager qui peut ne durer que quelques instants ou quelques heures, mais qui persiste quelquefois pendant plusieurs jours. Les yeux sont déviés d'ordinaire dans le sens opposé à l'hémiplégie, c'est-à-dire que si les membres du côté droit sont paralysés, les deux yeux sont dirigés à gauche. Si le malade a repris connaissance, et s'il cherche à tourner ses yeux vers le côté droit, ou bien il ne réussit pas à les mouvoir, ou bien, ce qui est plus fréquent, il peut les déplacer de gauche à droite jusqu'au milieu de l'ouverture palpébrale, mais sans réussir à leur faire dépasser ce point. Est-ce une paralysie des muscles destinés au mouvement conjugué des yeux de gauche à droite? Est-ce une contracture spasmodique des muscles

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et les nos 7, 8, 13, 16 et 18 de la seconde.

Digitized by Google

destinés au mouvement inverse? Je penche très-fortement vers cette dernière interprétation, qui s'accorde mieux avec ce qu'on observe chez les animaux. L'analogie des phénomènes va même plus loin; souvent la tête du malade a subi un mouvement plus ou moins marqué de rotation autour de l'axe du cou, mouvement par suite duquel la face se dirige vers l'épaule du côté non paralysé. Il est impossible de ne pas voir, dans cette rotation de la tête et dans la déviation des yeux, une sorte d'ébauche d'un mouvement gyratoire autour de l'axe longitudinal du corps. C'est, à un faible degré, la représentation exacte de ce qui se passe chez les animaux, à la suite d'une lésion expérimentale d'une des moitiés de l'encéphale, surtout lorsque cette lésion se rapproche de l'isthme. Dans certains cas de névrose convulsive, on observe parfois chez l'homme des phénomènes de rotation irrésistible plus ou moins impétueuse; évidemment, dans ces cas, bien que la lésion ne soit pas d'ordinaire reconnaissable, il y a dans l'une des moitiés de l'isthme encéphalique une modification passagère, que l'on doit comparer à celle qui est déterminée par les altérations expérimentales ou morbides, dont nous venons de parler. L'homme présente donc aussi des mouvements de rotation produits par les mêmes causes qui en provoquent chez les autres vertébrés. Ces phénomènes s'observent même aussi chez les animaux invertébrés, comme nous le verrons plus tard. MM. Yersin et Faivre les ont étudiés chez les insectes, nous les avons constatés chez les crustacés.

Rien n'est donc plus constant que ces faits; rien n'est plus facile à observer; mais aussi rien n'est plus difficile à expliquer. J'ai eu l'occasion, dans un mémoire spécial, de discuter toutes les théories qui ont été présentées à ce sujet, et de montrer qu'aucune n'est entièrement valable.

Ce n'est pas parce que les lésions produisent une hémiplégie que la rotation a lieu. Suivant cette hypothèse, émise par M. Serres, et développée par M. Lafargue, les membres du côté gauche, par exemple, étant paralysés, les membres du côté droit entraîneraient le corps. Cette théorie ingénieuse n'explique que bien difficilement le mouvement de rotation des animaux autour de leur train postérieur, si elle l'explique même; mais assurément, elle ne saurait rendre compte de la rotation autour de l'axe du corps, pas plus que du mouvement de manége. Et d'ailleurs, elle pèche entièrement par la base. Elle suppose une hémiplégie qui n'existe pas en réalité. Voyez ces animaux qui exécutent ces mouvements de rotation; vous ne pouvez constater chez eux rien qui ressemble à une vraie paralysie des membres d'un côté. C'est là un fait général qui résulte des expérimentations pratiquées sur l'encéphale des vertébrés; on ne détermine chez eux qu'avec la plus grande difficulté des hémiplégies, et toujours extrêmement incomplètes, quels que soient le siége et l'étendue de la lésion. M. Schiff a émis une opinion qui peut être considérée comme une modification de cette hypothèse. Pour ce qui concerne les mouvements de manége, il croit à la paralysie, non pas des membres tout entiers d'un côté, mais de certains groupes musculaires de chacun de ces deux membres. Quant au mouvement de roulement, il le fait dépendre de la paralysie de certains muscles des gouttières vertébrales. Le mouvement serait dû alors à la mise en jeu de leurs antagonistes, dont l'action ne serait plus contre-balancée. L'examen attentif d'un animal opéré qui effectue des mouvements de rotation, vous convaincra du peu de fondement de cette manière de voir; vous ne constaterez jamais cette paralysie de certains groupes musculaires. Vous ne devez pas admettre davantage l'explication proposée par M. Brown-Séquard, laquelle est l'inverse de celle de M. Schiff. M. Brown-Séquard pense que la rotation est due à l'excitation de certains groupes musculaires isolés, dont la contraction finirait par entraîner un mouvement du reste du corps.

L'examen direct des animaux mis en expérience ne vous laissera non plus aucun doute sur l'insuffisance de cette hypothèse. Toutefois on doit reconnaître, avec M. Brown-Séquard, que les lésions qui produisent des mouvements de rotation déterminent le plus souvent, sinon toujours, une excitation des parties lésées. Il y a une exaltation des propriétés de la région lésée, exaltation comparable à celle qu'engendre une hémisection, ou une piqûre de la moelle dans la moitié ainsi coupée ou piquée.

Une théorie des plus séduisantes est celle qu'a émise M. Henle, il y a longtemps déjà, et que MM. Gratiolet et Leven ont exposée de nouveau dans ces derniers temps, sans savoir qu'elle avait été publiée antérieurement, et qu'elle avait été déjà réfutée. Elle repose sur le vertige produit par la déviation des yeux. Mais, comme l'a montré M. Brown-Séquard, et, comme nous l'avons fait remarquer aussi nous-même ailleurs, on peut observer des mouvements de rotation chez des animaux qui ne présentent aucune déviation des yeux, et, d'autre part, on peut déterminer la déviation des yeux dans certains cas, sans qu'elle soit accompagnée de mouvements de rotation du corps. Du reste, on peut réfuter cette théorie d'une façon plus décisive encore. Les lésions qui provoquent les divers modes de rotation, les produisent tout aussi bien chez des animaux que l'on a rendus tout à fait aveugles. Ce n'est donc pas un vertige ayant sa source dans la déviation des globes oculaires qui est la cause véritable et nécessaire des mouvements de rotation que nous étudions en ce moment.

L'hypothèse qui se rapproche sans doute le plus de la vérité, malgré les objections qui lui ont été faites, est celle qui a été formulée par M. Flourens et par Magendie, hypothèse d'après laquelle les mouvements de rotation déterminés par les lésions de l'encéphale, seraient dus à une rupture d'équilibre des forces dont sont douées les deux moitiés de cette partie des centres nerveux. Pour apprécier cette théorie à sa juste valeur, il faut

Digitized by Google

vous rappeler ce que je vous ai dit sur un des caractères de l'activité de la moelle épinière. J'ai cherché à faire voir que cette activité est constante, à un certain degré du moins; or, cette donnée doit s'appliquer vraisemblablement aussi aux diverses parties motrices de l'encéphale. Ces parties ont aussi un certain degré d'activité constante, tout à fait involontaire, et pour ainsi dire latente. Les moitiés symétriques de chaque région de l'encéphale, relativement à cette activité, se font équilibre. Si une lésion vient à rompre cet équilibre, soit en excitant (ce qui est l'effet le plus ordinaire, s'il n'est même constant), soit en affaiblissant l'une des moitiés, l'activité de l'autre moitié n'étant plus contre-balancée, se manifestera, et il y aura entraînement du corps dans un sens constant. C'est ainsi, du moins, qu'on peut se rendre compte des mouvements de rotation provoqués par une lésion unilatérale de l'encéphale. Il est toutefois probable que cette cause n'est pas la seule, mais qu'il s'y joint des phénomènes de vertige encéphalique. Un des caractères les plus remarquables de ces mouvements de rotation semble bien l'indiquer. Les animaux quadrupèdes, non-seulement ne résistent pas dans les premiers temps à l'entraînement gyratoire, mais même ils font concourir leurs quatre membres à l'exécution du mouvement, comme s'ils étaient soumis à une contrainte intérieure. On a objecté à la manière de voir de M. Flourens, que, s'il en était comme il le pense, l'entraînement devrait être continu, tandis qu'il peut n'être pas constant, même dans les premiers moments, et que, d'autre part, même quand il est constant pendant un certain temps, il n'a plus lieu bientôt que lorsque l'animal cherche à se locomouvoir. Cette objection n'est que spécieuse. La lésion peut ne pas être considérable, et alors l'entraînement irrésistible et incessant n'a pas lieu. Dans les autres cas, les effets sont toujours beaucoup plus prononcés dans les premiers temps qui suivent l'opération, et par conséquent il n'y a rien d'étonnant à ce que l'entraînement devienne discontinu, au bout de quelques minutes, quelques heures ou quelques jours. La rotation n'a plus lieu alors, comme dans le premier cas, que lorsque l'animal veut se déplacer. Mais c'est dans ce moment que l'activité de la partie lésée et celle de la partie symétrique et synergique sont mises fortement en jeu; il y a, ou non, vertige, et en tout cas, c'est alors que les effets de la rupture de l'équilibre de ces parties se manifestent.

Je viens de faire figurer le vertige au nombre des causes probables de l'entraînement gyratoire engendré par les lésions unilatérales de certaines parties de l'encéphale, mais j'ai eu bien soin de placer le point de départ de ce vertige dans l'encéphale lui-même et non dans les yeux, car, ainsi que je vous l'ai dit, l'ablation des yeux n'a aucune influence sur la production de ces mouvements de rotation. La déviation des yeux, la flexion ou la torsion du cou, lorsque ces phénomènes existent, sont des effets connexes de la tendance à la rotation, et n'y jouent en rien le rôle de causes. Ce n'est pas à dire qu'il ne puisse y avoir des mouvements de rotation déterminés par un vertige ayant les organes des sens pour point de départ. C'est, en effet, de cette façon seulement que l'on peut expliquer les mouvements de rotation provoqués chez un pigeon par une lésion qui détruit brusquement la vue d'un côté. Il semble que l'animal ait alors peur de l'obscurité, et qu'il cherche à la fuir en se tournant sans cesse vers le côté où la vue est conservée. Il y a ainsi pendant quelque temps un mouvement de rotation autour de l'axe de station. Mais il finit assez vite par s'habituer à sa cécité unilatérale, et alors le mouvement cesse. Je vous rends témoins de ce phénomène intéressant.

Mais les faits les plus remarquables à signaler, lorsqu'il s'agit de démontrer l'influence des lésions des organes des sens sur la production des mouvements de rotation sont les résultats extraordinaires et vrais, découverts par M. Flourens, et qui se produisent à la suite des lésions des canaux semi-circulaires.

Les canaux semi-circulaires sont une partie très-importante de l'oreille interne, où l'on trouve une expansion du nerf auditif. Je vous montre cette partie du sens de l'ouïe sur un pigeon; l'alimentation par la garance a rendu plus manifestes encore ces canaux formés de tissu osseux compacte, et vous pouvez voir qu'ils sont au nombre de trois, reliés les uns aux autres, communiquant par cinq orifices avec le vestibule, et munis à l'une de leurs extrémités d'une ampoule. Dans ces canaux osseux, se trouvent des canaux membraneux remplis d'une sorte d'humeur vitrée (humeur de Scarpa), et séparés de la paroi osseuse par une humeur limpide (humeur de Cotugno). De ces trois canaux, il y en a deux qui sont verticaux, et un qui est horizontal. Je vais pratiquer devant vous la section de ces canaux, et vous pourrez constater quels sont les effets de cette mutilation chez le pigeon.

La blessure du canal horizontal, d'un côté, détermine de la douleur et un branlement horizontal de la tête, mais la tendance à ce mouvement devient impérieuse et entraîne l'animal dans un mouvement de rotation, autour de l'axe de station, dès que je viens à blesser l'autre canal horizontal; vous pouvez noter en même temps une violente agitation des globes oculaires. Comment expliquer ce mouvement? Il faut admettre une sorte de vertige d'origine auditive. J'appelle aussi votre attention sur la corrélation entre la direction des canaux que l'on blesse, et le sens du mouvement de la tête et du corps.

Sur un autre pigeon, en effet, je sectionne le canal semi-circulaire vertical supérieur. Il paraît y avoir une douleur très-vive; l'animal exécute des mouvements de branlement vertical de la tête, et après la blessure des deux canaux verticaux supérieurs, l'animal est entraîné impérieusement à tomber, ou même à culbuter en avant, si bien qu'il finit par appuyer le sommet de sa tête par terre, comme pour s'arrêter. La blessure des

Digitized by Google

canaux semi-circulaires verticaux inférieurs, détermine encore de la douleur, et produit un mouvement analogue; mais, dans ce cas, il y a une tendance à la culbute en arrière. Après la section des canaux verticaux, soit inférieurs, soit supérieurs, on remarque une agitation des globes oculaires, analogue à celle qui se montre lorsque l'on a coupé les canaux horizontaux. Enfin la section combinée des divers canaux produit chez l'animal les mouvements les plus désordonnés. Ce qui prouve que ces mouvements sont bien dus à un vertige auditif, c'est que M. Brown-Séquard les a obtenus en blessant directement les nerfs auditifs de la grenouille, et cependant sachez qu'il n'y a pas de fibres nerveuses visibles dans les canaux; les dernières ramifications s'arrêtent dans les ampoules. Il n'est pas douteux pourtant que des prolongements de ces fibres ne parcourent toute l'étendue des parois des canaux membraneux, mais ces prolongements n'ont pas les caractères des fibres nerveuses complètes ordinaires; ils n'ont pas de gaine médullaire et c'est pour cela probablement que je n'ai pas réussi à les voir.

Les phénomènes s'observent également chez les mammifères, et, depuis que l'on connaît les faits découverts par M. Flourens, on a observé des exemples confirmatifs dans la pathologie humaine et comparée. J'ai eu l'occasion de voir, avec M. Signol, un cas des plus remarquables chez un coq qui, à la suite d'un combat, avait une ostéite des parties latérales du cône, et une altération étendue de l'oreille interne. Chez cet animal, on pouvait voir reproduits, avec la plus grande fidélité, tous les phénomènes qui se manifestent dans l'expérience de M. Flourens. Du reste, vous n'aurez aucune peine à vous faire une idée de ces faits bizarres de vertige et de locomotion irrésistible, dus à des lésions de l'appareil auditif, en vous rappelant l'agacement produit par certains bruits qui, d'ailleurs, varient avec les individus, et les brusques mouvements de sursaut provoqués par un bruit inattendu, et aussi la sensation de vertige déterminée par l'introduction de l'eau dans l'oreille externe.

Jusqu'ici, si l'on en excepte les résultats que je viens de vous indiquer en dernier lieu, dans tous les phénomènes que nous avons vus se manifester sous l'influence des lésions expérimentales du système nerveux, nous avons vu les animaux conserver, au milieu même des plus grandes déviations de l'état normal, une grande régularité. C'est que l'on n'a pas encore touché au cervelet, et comme l'ont montré les travaux de M. Flourens, cet organe préside à la coordination des mouvements de locomotion, comme nous allons le voir en étudiant la physiologie de cette partie des centres nerveux.

### CERVELET.

La physiologie du cervelet ne commence qu'à Willis. Jusqu'à lui la science ne possédait sur ce sujet que des hypothèses peu nombreuses, et qui ne reposaient sur aucun fait clinique, ni expérimental. La plupart des auteurs ne donnaient au cervelet aucune fonction spéciale; on le confondait, au point de vue physiologique, avec tout ce que contenait la boîte crânienne.

Mais dès que l'attention se porte sur cet organe si remarquable, immédiatement les hypothèses se produisent; depuis Willis jusqu'à M. Flourens, il a été fait de nombreux essais pour déterminer le rôle physiologique du cervelet. Comment n'aurait-on pas cherché à assigner un rôle spécial à cette partie si distincte des centres nerveux encéphaliques, et non-seulement si distincte, mais si constante?

Le cervelet, en effet, existe, non-seulement chez les mammifères, mais aussi chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, et, chez ces derniers, il prend une importance anatomique qu'il avait perdue chez les batraciens. Il n'y a rien de semblable chez les invertébrés, et les effets que l'on peut obtenir expérimentalement chez les vertébrés, en blessant le cervelet, il faut les chercher chez les invertébrés, en agissant sur la masse cérébroïde.

Revenons aux animaux supérieurs qui nous servent de types dans cette étude. Le cervelet est-il excitable? Pour Haller, le cervelet est réellement excitable; Zinn dit avoir provoqué des convulsions universelles en blessant le cervelet. Mais il faut ici faire une distinction des plus importantes. Il faut, au point de vue de l'excitabilité, étudier séparément les parties superficielles et les parties profondes du cervelet. Les parties superficielles ne sont pas excitables; M. Flourens a mis ce fait hors de doute. Nous ne pouvons pas d'ailleurs nous étonner qu'il en soit ainsi. Nous agissons ici, en effet, sur une couche de substance grise, et je n'ai pas besoin de vous rappeler que la substance grise, partout où nous l'avons rencontrée, était totalement inexcitable par nos moyens expérimentaux. Il en est de même des ramifications des pédoncules, qui se rapprochent de la substance grise; mais, dans les parties profondes, la substance blanche devient très-excitable, et cela d'autant plus qu'on se rapproche davantage de la racine des pédoncules cérébelleux. On détermine, en agissant sur ces parties, soit directement, soit indirectement, par compression, de la douleur et des convulsions du corps, de la face et des yeux.

Ainsi les lésions peu profondes des parties latérales du cervelet ne donnent lieu d'ordinaire à aucun mouvement de rotation, à aucune déviation des yeux, mais lorsque la lésion est quelque peu profonde, et qu'elle porte sur un des lobes latéraux du cervelet, ces phénomènes se produisent comme l'ont vu tous les physiologistes, qui ont répété les expériences de Magendie. Cette condition de la profondeur de la lésion est très-importante, et c'est là ce qui explique comment chez l'homme on peut observer assez souvent des altérations plus ou moins étendues d'un lobe cérébelleux, sans tendance manifeste aux mouvements de rotation, et sans déviation des yeux. J'ai

Digitized by Google

vu des cas d'hémorrhagie d'un des lobes du cervelet, dans lesquels ces phénomènes manquaient complétement, et les faits analogues publiés ne sont pas rares. Et comme on peut observer ces phénomènes dans des cas de lésions des parties plus ou moins éloignées du cervelet, l'idée de trouver dans l'existence de ces phénomènes un élément de diagnostic pour les affections de cet organe, ne pouvait être adoptée que par des esprits peu au fait des enseignements de la physiologie et de la pathologie.

Si nous recherchons maintenant dans quel sens les excitations subies par le cervelet se transmettent aux nerfs, nous n'arriverons qu'avec la plus grande difficulté à résoudre cette question si simple en apparence. Je ne veux pas vous faire l'historique des hésitations que nous aurions à enregistrer sur ce sujet. L'opinion la plus accréditée encore aujourd'hui, c'est que le cervelet a une influence croisée sur les diverses parties du corps. Les excitations de la moitié droite du cervelet produiraient des mouvements plus ou moins convulsifs dans le côté gauche du corps, et *vice versâ:* les lésions d'un lobe latéral détermineraient une paralysie plus ou moins prononcée des membres du côté opposé. On appuie ces propositions sur deux ordres de faits, des faits expérimentaux et des observations cliniques. Voyons d'abord les résultats de l'expérimentation. Je vous montre des animaux, pigeons et rats, chez lesquels on a détruit une partie de cervelet, et qui offrent des phénomènes d'ataxie des mouvements; phénomènes que nous étudierons tout à l'heure. La lésion porte uniquement sur un des côtés du cervelet. Or, il est impossible de constater une hémiplégie du côté opposé du corps. J'ai fait un bien grand nombre d'expériences sur le cervelet, et je puis affirmer qu'il est tout à fait exceptionnel d'observer une véritable hémiplégie, quelque incomplète qu'on veuille la supposer. Et lorsque, dans ces cas exceptionnels, l'animal présente un léger affaiblissement d'un des côtés du corps, c'est tantôt le côté du corps correspondant au côté lésé du cervelet qui est affaibli, et tantôt c'est le côté opposé. Ces dernières variations dépendent de l'étendue de la lésion, et surtout de la compression que la partie lésée du cervelet, lorsqu'elle s'infiltre de sang, peut exercer sur la région de l'isthme cérébral qu'elle recouvre.

Les faits pathologiques recueillis chez l'homme paraissent plus décisifs au premier abord. Le nombre des cas dans lesquels une lésion d'une partie latérale du cervelet a été suivie d'hémiplégie croisée, sont si nombreux, que ce sont presque les seuls dont on ait tenu compte. C'est à ce point qu'il peut paraître téméraire d'oser résister à un pareil ensemble de faits. Eh bien! je ne crains pas de dire que les observations qu'on invoque sont très-loin d'avoir la valeur qu'on leur accorde, et je suis amené à une conclusion très-différente de celle qui a cours dans la science. Il faut remarquer tout d'abord que, pour tous les auteurs, le nombre des cas dans lesquels il y a hémiplégie directe, sont ici bien moins rares que lorsqu'il s'agit des lésions du cerveau proprement dit. Mais on devrait ajouter, pour être complet, qu'il n'est pas non plus extrêmement rare à la suite de lésions unilatérales du cervelet, qu'il n'y ait aucune paralysie réelle ni d'un côté ni de l'autre. Il faut, pour s'expliquer ces diversités dans les expressions symptomatiques, établir des catégories parmi les faits de lésion du cervelet. Il y a d'abord à distinguer les cas dans lesquels il y a, ou il peut y avoir une compression des parties sous-jacentes, de ceux dans lesquels il n'y a pas de complication de ce genre. Or, dans la première catégorie, nous rangeons les faits d'hémorrhagie ou de tumeurs du cervelet. Le lobe cérébelleux altéré augmente de volume, et il peut comprimer la moitié correspondante du bulbe rachidien et de la protubérance, d'où hémiplégie croisée. Mais même dans ces cas, la compression n'existe pas constamment, et alors on constate une hémiplégie incomplète et directe, comme il en existe plusieurs exemples dans la science, et comme j'en ai recueilli deux cas très-remarquables, ou bien il n'y a pas d'hémiplégie réelle. Dans la seconde catégorie se rangent diverses lésions du cervelet, entre autres les ramollissements. En général, il n'y a pas ici de compression excentrique sur les parties voisines; aussi n'y a-t-il presque jamais le moindre indice d'hémiplégie croisée. Si la lésion est superficielle, même lorsqu'elle est étendue, il n'y a pas d'hémiplégie; si la lésion est profonde et intéresse les parties qui se rapprochent de la racine des pédoncules, il peut y avoir une légère hémiplégie, mais elle sera presque constamment directe. Ainsi, pour moi, les lésions unilatérales du cervelet, bien dégagées de toutes complications, ne déterminent presque jamais d'hémiplégie, ou bien ne produisent qu'un peu d'affaiblissement du côté correspondant du corps, et, c'est par suite de leur complication la plus fréquente, c'est-à-dire de la compression exercée par le lobe cérébelleux, devenu plus volumineux sur les parties sous-jacentes, que ces lésions produisent souvent une hémiplégie croisée. Vous voyez combien nous sommes loin de ceux qui, pour expliquer les faits en apparence exceptionnels d'hémiplégie directe dans les cas de lésion du cervelet, invoquent, comme ils le font du reste aussi, pour certains cas de lésions du cerveau proprement dit, une anomalie du bulbe rachidien consistant dans la non-existence de l'entrecroisement des pyramides. Mais une telle anomalie a-t-elle jamais été vue? Je n'en nie pas la possibilité, mais je ne sache pas qu'il y en ait un seul fait constaté d'une façon entièrement rigoureuse. Et l'on fait cet effort d'imagination pour donner la raison d'un fait si simple! Quoi de plus naturel que l'hémiplégie directe à la suite d'une lésion du cervelet, si l'on se rappelle que le cervelet est en rapport avec la moelle épinière, surtout par des fibres qui ne s'entrecroisent pas. On ne sera pas surpris non plus de voir des lésions unilatérales du cervelet ne pas s'accompagner d'hémiplégie réelle, ni d'un côté ni de l'autre, si

Digitized by Google

l'on réfléchit qu'en définitive le cervelet ne préside pas à la myotilité même, et qu'il n'a qu'une influence indirecte sur les mouvements volontaires.

Ces questions préliminaires, une fois résolues, abordons l'étude des fonctions propres du cervelet. Avant Willis, on avait eu déjà l'idée que le cervelet devait avoir une grande importance physiologique; on avait voulu en faire le siége de la mémoire. Cette hypothèse singulière ne s'appuyait sur aucune donnée quelconque et ne mérite pas de nous arrêter. On a pensé aussi que le cervelet pouvait jouer un rôle dans les phénomènes de l'intelligence même.

Malgré ce qui a été dit dans ces derniers temps (thèse de M. Bourillon), il est bien constant que le cervelet n'a aucune influence ni sur l'instinct, ni sur l'intelligence. Il a là une différence bien marquée entre le cerveau et le cervelet. Dès que le cerveau est enlevé, comme vous le verrez, toutes les manifestations de l'intelligence ou de l'instinct cessent complétement, tandis que des animaux privés de leur cervelet continuent à jouir des fonctions de relation avec le monde extérieur. Du reste, sur ce point les faits cliniques s'accordent avec la physiologie expérimentale pour m'autoriser à vous tenir ce langage.

Quittant ces hypothèses sans consistance, j'arrive à la première opinion nettement formulée; elle est due à Willis. Suivant lui, le cervelet présidait aux mouvements involontaires et aux fonctions organiques.

C'est de là qu'il faisait partir les esprits vitaux. Sa théorie était fondée en partie sur l'origine du nerf vague qu'il faisait provenir du cervelet, et bien qu'elle ait été réfutée très-catégoriquement par Haller, elle continua de régner dans la science, et eut une grande influence sur Charles Bell. C'est en effet cette théorie qui suggéra à ce physiologiste, comme nous l'avons vu, ses idées sur la diversité de fonctions des nerfs en général, et des deux racines de chaque nerf rachidien en particulier. Pour lui, ainsi que je l'ai indiqué dans une de mes premières leçons, une des racines, l'antérieure, était, par l'intermédiaire du faisceau antérieur de la moelle, en relation avec le cerveau, et était chargée de donner aux parties animées par le nerf qu'elle contribuait à former le mouvement et la sensibilité; l'autre racine, la postérieure, allant, au moyen du faisceau postérieur, se mettre en rapport avec le cervelet, était chargée de distribuer l'influx cérébelleux; elle servait à gouverner les actions vitales. Ces vues de Charles Bell, qui différaient si peu de celles de Willis sur l'encéphale et les nerfs, ont disparu de la science et des œuvres mêmes de ce physiologiste, permettez-moi de vous le rappeler ici, lorsque Magendie eut fait connaître sa découverte des véritables fonctions des racines des nerfs.

Les idées de Willis sur la physiologie du cervelet ne comptent plus de partisans aujourd'hui.

Toutefois, quelques auteurs veulent encore que le cervelet ait une certaine influence sur les fonctions de la vie organique. Suivant certains d'entre eux, les lésions du cervelet paraîtraient retentir sur les mouvements du cœur. Mais il faudrait savoir si cette influence n'est pas due à une lésion secondaire ou une compression des parties sous-jacentes du bulbe rachidien, par exemple, et l'on sait quelles relations physiologiques existent entre le cœur et le bulbe rachidien. On a pensé aussi que le cervelet pouvait avoir une influence sur la digestion. M. Claude Bernard a dit avoir, par une blessure du cervelet arrêté la sécrétion du jabot sur des pigeons, mais ce fait a été contesté par M. R. Wagner. On a avancé un autre fait que nous devons consigner ici, sans cependant y voir une preuve de l'influence sur la vie organique, d'autant plus que ce fait n'est pas absolument certain, c'est que les vomissements sont plus communs dans les affections du cervelet que dans toutes celles qui portent sur les autres parties encéphaliques. D'ailleurs, pour répondre d'un seul coup à Haller, à MM. Budge, Valentin, Schiff, Spiegelberg, qui ont accordé au cervelet une action directe et importante sur l'intestin, l'estomac, le cœur, les organes génito-urinaires, je vous citerai l'exemple célèbre d'une jeune fille dont l'histoire a été rapportée par Combette, qui a vécu onze années sans cervelet, et chez laquelle par conséquent les fonctions de ces organes ont pu s'exécuter d'une façon suffisante pendant tout ce temps. A cet exemple si remarquable, nous pouvons ajouter ceux qu'ont fournis les vivisections; on peut citer entre autres les faits indiqués par M. Flourens qui a pu faire vivre pendant des mois entiers des animaux chez lesquels il avait détruit le cervelet. D'autres auteurs, M. R. Wagner, par exemple, ont relaté des faits du même genre.

Plusieurs auteurs ont voulu faire au cervelet un foyer de sensibilité générale. Je vous citerai parmi ces auteurs : Lapeyronie, Pourfour du Petit, Saucerotte, Foville, Pinel-Grandchamp, Dugès. C'est surtout en se fondant sur l'anatomie qu'ils arrivaient à cette théorie. Les pédoncules postérieurs, disait-on, sont la continuation des corps restiformes, qui eux-mêmes paraissent être la continuation des faisceaux postérieurs de la moelle. Comme on savait que ces faisceaux sont sensitifs, on supposait que le cervelet devait être le foyer principal ou le siége de la sensibilité. Malheureusement pour cette opinion si bien déduite en apparence, si les faisceaux postérieurs de la moelle sont très-sensibles, les corps restiformes le seraient peu d'après M. Brown-Séquard, et le seraient même d'autant moins qu'on s'approche davantage du cervelet. Du reste, l'expérience directe réfute complétement cette opinion. Dans les cas de lésions du cervelet, la sensibilité est conservée, parfois même il y a hyperesthésie. Enfin, nous pouvons ici encore invoquer le fait de la jeune fille observée par Combette. Elle n'avait pas de cervelet, et cependant elle possédait une intégrité parfaite de ses sens.

On a parfois trouvé dans les observations pathologiques des exemples de surdité et de cécité dans les maladies du

Digitized by Google

cervelet, et on a voulu en arguer que ces sens pouvaient être localisés dans cette partie du cerveau. L'amaurose surtout a été souvent constatée dans des cas de lésion du cervelet. Il convient de faire remarquer que ce phénomène a été principalement observé lorsqu'il s'agissait d'une tumeur du cervelet. On a cherché à se rendre compte de la production de l'amaurose, en invoquant une compression exercée par le cervelet sur les tubercules quadrijumeaux. Il est possible que cette explication soit valable pour certains faits; mais elle est, pour d'autres, manifestement insuffisante ou même inexacte. Cependant, pour ces derniers faits, il répugne d'admettre une influence directe du cervelet sur l'appareil nerveux optique. Par où s'exercerait-elle ? Il n'y a aucune connexion directe entre le cervelet et la partie des tubercules quadrijumeaux qui donne naissance aux nerfs optiques, car les pédoncules cérébelleux antérieurs (ou supérieurs) ne font certainement que passer au-dessous des tubercules sans s'y épanouir. Il faut donc avoir recours à une influence indirecte, sympathique ou autre, influence qui n'est probablement pas la même pour tous les cas. Ainsi, pour nous, ces faits ne sauraient démontrer que le cervelet joue un rôle distinct et important dans la vision. D'ailleurs, ne pouvons-nous pas interroger ici l'expérimentation? Voyons ces pigeons dont le cervelet est profondément blessé. La vue et l'ouïe sont-elles abolies chez eux? Sont-elles même diminuées d'une façon sensible? J'approche ma main d'un de ces pigeons, et vous pouvez distinguer au milieu de l'irrégularité des mouvements de cet animal, un retrait de la tête, par lequel il cherche à éviter le coup qui le menace. L'expérience est un peu plus difficile à faire par l'ouïe ; mais je l'ai faite bien des fois, et la conservation de l'ouïe ne peut pas être mise en doute. Nous devons donc conclure que le cervelet n'est pas plus le centre nerveux des sens qu'il ne l'est de la sensibilité générale.

Cependant dans ces derniers temps, un physiologiste italien, M. Pietro Renzi, dans un mémoire d'une très-grande étendue, a voulu démontrer que le cervelet est l'organe ou l'instrument par lequel les sens ont toute leur activité; il est destiné, suivant ce dernier, à l'exercice de la sensation active ou distincte, par son intermédiaire nous dirigeons et fixons attentivement nos sens sur les objets qui les environnent. Ce serait le centre nerveux par le moyen duquel nous percevons la réalité du monde extérieur. Que de travail dépensé pour arriver, en définitive, à des conclusions tout à fait inadmissibles ! Il n'y a pas une des nombreuses expériences rapportées par M. Renzi, qui puisse servir de base solide à son opinion, et pour nous, malgré la multiplicité des faits qu'invoque cet auteur, nous ne voyons dans ses idées que des spéculations de l'esprit, sans profit réel pour la physiologie.

Une autre hypothèse qui a été adoptée par un certain nombre d'auteurs, et qui est bien connue, est celle que Gall a émise. Gall, chacun le sait, avait placé dans le cervelet l'instinct de la propagation. Il s'est appuyé de preuves empruntées à l'expérimentation directe, à l'observation clinique et à l'anatomie comparée. Or, je vous le dis tout d'abord, ces faits ont été mal interprétés, et c'est ainsi qu'on a pu en tirer des déductions au bénéfice de la cause.

L'expérimentation directe donnait des résultats complexes, par ce qu'en irritant le cervelet on agissait sur ce bulbe et qu'on obtenait ainsi des effets qui n'étaient pas sous la dépendance de l'organe auquel on les attribuait. Les observations pathologiques apportaient à l'hypothèse un concours trop heureux. Je m'explique. Lorsque une théorie, qu'elle soit vraie ou simplement spécieuse, s'introduit dans la science, on est fort étonné de voir surgir coup sur coup des faits qui viennent appuyer la théorie naissante, et confirmer toutes les données de l'expérimentation ou de l'imagination. C'est là ce qui arriva pour l'idée de Gall. Il parut aussitôt un mémoire contenant jusqu'à sept observations à l'appui de son opinion. Depuis lors, les faits de ce genre sont devenus de nouveau tout à fait exceptionnels, et leur étude a montré qu'ils étaient loin d'avoir la signification qu'on leur avait prêtée. Quant à l'anatomie comparée qui avait paru apporter aussi son contingent à la démonstration de l'hypothèse de Gall, on sait aujourd'hui, comme l'ont fait voir Leuret et d'autres auteurs, qu'elle est au contraire tout à fait en désaccord avec cette hypothèse.

On avait été jusqu'à dire qu'il existait une relation entre le cervelet et les glandes séminales; que lorsqu'on enlevait ces dernières, le cervelet s'altérait, et que, en sens inverse, les lésions profondes du cervelet déterminaient une atrophie de ces glandes. Leuret a montré combien la première proposition était inexacte, et M. Flourens prouve que la seconde assertion ne l'était pas moins. Il a conservé pendant un temps assez long un ooq qui n'avait plus de cervelet, et chez lequel les instincts de propagation étaient tout à fait conservés. Cette jeune fille dont nous avons déjà invoqué deux fois l'observation était adonnée à l'onanisme. Il n'y a donc pas d'hypothèse qui soit mieux et plus complétement réfutée que celle de Gall.

Rolando assigne au cervelet des fonctions en rapport avec la motilité, il la considère comme étant la source de tous les mouvements. Il comparait, comme du reste l'avait déjà fait Reil, le cervelet à une pile, et croyait que son action était du même genre. L'opinion de Rolando commençait à se rapprocher de la vérité (je ne parle pas de sa comparaison) : il y a sans doute dans le cervelet des fonctions qui se rapportent au mouvement, mais en quoi et comment le cervelet influe-t-il sur les mouvements ; c'est ce que Rolando pas plus que les autres n'avait soupçonné, car, dire comme cet auteur que les mouvements dérivent du cervelet, c'est encore émettre une erreur. C'est M. Flourens qui le premier a porté la lumière dans cette obscure question. Il a fait voir que le cervelet possède une fonction dont rien jusqu'alors ne

Digitized by Google

donnait l'idée en physiologie, et qui consiste à coordonner les mouvements *voulus* par certaines parties du système nerveux, *excités* par d'autres parties. Et il en est ainsi surtout des mouvements de locomotion. C'est l'organe de la coordination, de l'équilibration des mouvements de locomotion. Des lésions progressives du cervelet produisent des troubles qui vont en augmentant, et enfin la destruction complète de l'organe produit cette démarche désordonnée dont je vous rends témoins, sur ce pigeon et sur ce lapin. Ces animaux semblent être en proie à l'ivresse la plus complète.

La doctrine de M. Flourens sur les fonctions du cervelet a été admise par la plupart des physiologistes, entre autres par MM. Bouillaud et Longet, qui ont obtenu des résultats analogues. Récemment encore elle a été confirmée par le célèbre anatomiste et physiologiste allemand, R. Wagner.

Toutefois on a cherché à faire aux idées de M. Flourens quelques objections, les unes tirées de l'expérimentation, les autres tirées de l'observation clinique. Une des objections les plus souvent reproduites est la suivante : Lorsque la lésion n'est pas très-étendue, on voit après huit, quinze, trente jours, deux mois, ces troubles disparaître. Mais on oublie que M. Flourens a été le premier à publier des faits de ce genre, et qu'ils n'ont pas du tout la valeur qu'on leur suppose. Ils prouvent seulement que les diverses parties du cervelet peuvent se suppléer, et qu'après une lésion peu étendue de cet organe, lorsque les premiers troubles se sont dissipés, les régions suffisent à l'équilibration de tous les mouvements. Mais il n'en est pas ainsi lorsque la lésion a détruit une grande partie du cervelet. L'irrégularité, l'ataxie des mouvements sont alors durables. M. Flourens les a vus persister huit mois. Et la persistance même des troubles s'accorde mal avec l'opinion de ceux qui veulent que les troubles des mouvements produits par les lésions du cervelet soient dus à une irritation sympathique de parties plus ou moins éloignées.

On a d'autres fois cherché si les enseignements de la clinique répondaient aux données de la physiologie, et l'on a cru avoir prouvé qu'il y avait contradiction entre les deux ordres de faits. M. Andral, ayant rassemblé quatre-vingt-treize cas de maladies du cervelet, ne trouve qu'un seul de ces cas qui paraisse d'accord avec l'opinion de M. Flourens. Ce sont des observations les plus disparates, le plus souvent il s'agit de tumeurs, d'autres fois d'hémorrhagies.

Mais, hâtons-nous de le dire, combien d'observations sont incomplètes ou insuffisantes? combien de fois a-t-on cru à une paralysie véritable, alors qu'elle n'existait pas? Depuis qu'on recueille ces observations avec plus de soin, on en trouve un assez grand nombre qui sont d'accord avec l'opinion de M. Flourens. Généralement il y a, non pas paralysie complète, mais paralysie paraissant porter surtout sur les membres inférieurs à cause de l'impossibilité dans laquelle sont les malades de rester dans la station. On commence même à faire jouer un grand rôle aux faits de l'incoordination des mouvements, comme éléments de diagnostic des maladies cérébelleuses. Je vous renvoie aux faits qui ont été observés par M. Hillairet, M. Hérard, M. Woillez et à ceux que j'ai publiés. La jeune fille observée par Combette ne peut pas être considérée comme fournissant un exemple en contradiction avec la doctrine de M. Flourens : car il est dit dans l'observation, qu'elle se laissait choir fréquemment.

J'ai moi-même été témoin d'un fait très-remarquable qui vient pleinement à l'appui des idées de M. Flourens. J'ai fait insérer les principaux détails de ce fait dans une thèse récente (thèse de M. Lanoix, Paris, 1863).

Il s'agit d'une idiote entrée à la Salpêtrière à l'âge de quarante-neuf ans, et qui est morte à l'âge de soixante-neuf ans. Elle présentait au plus haut degré le dérèglement des mouvements de locomotion. Ce n'est que par des prodiges d'équilibre qu'elle pouvait se maintenir dans la station verticale, et cependant elle était si peu paralysée que lorsqu'elle cherchait à se retenir à quelqu'un, elle saisissait avec une telle force qu'elle causait de la douleur. Voici l'encéphale de cette femme, et vous pouvez juger du degré considérable de l'atrophie du cervelet en le comparant à cet autre cervelet qui est à l'état normal. L'examen à l'œil nu et au microscope de ce cervelet, nous montra que la substance grise corticale était complétement atrophiée, les neurocytes y avaient entièrement disparu. Au contraire, on a pu constater l'intégrité de la substance grise du corps rhomboïdal. Ce fait montre que c'est bien à la substance grise corticale du cervelet qu'est dévolu le mode d'activité spéciale de cet organe, puisque l'ataxie des mouvements était produite par une atrophie de cette substance. Il prouve de plus que les corps rhomboïdaux ne jouent qu'un bien faible rôle dans les fonctions du cervelet, puisqu'elles étaient si troublées, malgré l'intégrité de ces corps.

En résumé, l'opinion de M. Flourens est seulement la seule qui soit d'accord avec les résultats de l'expérimentation; mais c'est la seule aussi qui soit confirmée jusqu'à un certain point par la clinique.

Dans ces derniers temps, un physiologiste italien, M. Philippe Lussana, tout en l'adoptant, a cherché à faire voir que c'est en présidant à la sensibilité musculaire, au sens musculaire, que le cervelet sert à coordonner les mouvements. Bien que les faits s'expliquent assez bien ainsi, rien n'est plus hypothétique. En tous cas, cette opinion ne porte que sur le mécanisme de la fonction si remarquable découverte par M. Flourens.

Nous en sommes encore aujourd'hui au point où l'on en était il y a plus de quarante ans après les premiers travaux de M. Flourens. Tout ce qu'on a fait depuis tend à confirmer sa théorie. Il y aurait ainsi un organe qui entrerait en activité dès que les centres incitateurs des mouvements de locomotion entrent eux-mêmes en activité, et qui coordonnerait les mouvements plus ou moins com-

Digitized by Google

plexes nécessaires à la translation de l'animal. Cet organe est le cervelet. Est-ce la seule fonction du cervelet? L'élimination que nous avons faite des diverses hypothèses implique-t-elle que la solution donnée par M. Flourens doive arrêter les efforts des chercheurs? Non. Il y a encore quelque chose à trouver sans doute, et loin de s'arrêter dans les tentatives d'exploration, il faut redoubler d'ardeur : car il y a là bien certainement une mine riche encore en découvertes importantes.

E. Bremond.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

### VII.

#### De l'alcool méthylique.

Dans les leçons qui précèdent, on a défini les rapports qui existent entre l'alcool, les acides et les éthers composés; on a ainsi passé en revue tout un ensemble de faits qui vont maintenant servir pour établir des faits nouveaux, à savoir, la détermination des propriétés générales d'une série de corps jouant un rôle analogue à celui de l'alcool ordinaire. C'est là, du reste, une généralisation qui n'est pas spéciale au sujet qui nous occupe, car les acides, par exemple, ont été d'abord personnifiés dans l'acide du vinaigre; le mot éther, qui s'applique maintenant à tant de composés, n'appartenait dans l'origine qu'à un seul corps, l'éther ordinaire, etc.

L'étude des phénomènes d'oxydation montre clairement comment la plupart des composés oxygénés se rattachent aux alcools; de là l'importance de ces derniers qu'il convient de mettre en évidence en vous exposant l'histoire de l'un d'entre eux, de l'alcool méthylique, par exemple, le plus simple de tous les alcools.

L'alcool méthylique a pour formule :

$$C^2H^4O^2 = C^2H^2(H^2O^2).$$

Il se forme en quantité notable dans la distillation du bois, d'où le nom d'esprit de bois qui lui a été donné dans l'origine.

Lorsque l'on soumet du bois à la distillation, il passe d'abord de l'eau en grande quantité, puis des substances très-diverses, telles que des produits empyreumatiques, de l'acide pyroligneux ou acide acétique impur; enfin des corps analogues aux éthers par leur volatilité et leur odeur, et qui, vers 1820, étaient désignés sous le nom vague d'éther pyroligneux. Un moyen simple d'obtenir ces éthers consistait à soumettre le liquide brut à la distillation et à recueillir seulement les premiers produits qui les renfermait en raison de leur grande volatilité. Mais ce produit lui-même était nécessairement très-impur : il renfermait de l'esprit de bois, de l'éther méthylacétique, produit par la réaction du corps précédent sur l'acide pyroligneux; de l'acétone, dont on s'explique facilement la présence, puisqu'il se forme aux dépens de l'acide acétique par l'action de la chaleur; enfin un dernier produit résultant de la combinaison de l'aldéhyde ordinaire avec l'esprit de bois.

On aura une idée des difficultés que pouvait présenter à l'origine la séparation de ces produits, si l'on observe qu'ils se volatilisent tous sensiblement à la même température :

| | |
|---|---|
| L'acétone à..... | 55°. |
| La combinaison aldéhydique à.... | 64°. |
| L'esprit de bois à..... | 66°. |
| L'éther méthylacétique à..... | 58°. |

Enfin, tous ces corps sont plus ou moins solubles dans l'eau.

En 1834, MM. Dumas et Peligot résolurent ce problème difficile. En se basant sur le procédé de la distillation fractionnée, en présence de la chaux, du chlorure de calcium, etc., ils purent se procurer une quantité d'esprit de bois assez grande pour en étudier les propriétés fondamentales.

La formule de ce corps, donnée par l'analyse et vérifiée par la détermination de la densité de vapeur, a été trouvée égale à

$$C^2H^4O^2.$$

C'est un liquide qui se rapproche au plus haut point par ses propriétés physiques de l'alcool ordinaire; il est très-soluble dans l'eau et dans l'éther; il brûle avec une flamme plus pâle, ce qui répond à sa constitution, puisqu'il renferme proportionnellement plus d'eau que l'alcool ordinaire. Ces indications, quoique très-importantes, n'étaient pas cependant suffisantes pour placer l'esprit de bois à côté de l'alcool. Pour justifier ce rapprochement, il fallait déterminer rigoureusement les propriétés chimiques de ce composé. C'est en effet la marche suivie par MM. Dumas et Peligot, qui commencèrent par étudier l'action des acides.

L'acide qui se présentait naturellement était l'acide sulfurique, lequel fournit deux composés caractéristiques.

En versant de l'acide sulfurique dans de l'esprit de bois, il arrive d'ordinaire que le mélange noircit, d'autant moins, toutefois, que l'esprit est plus pur; on ajoute de l'eau, on sature par du carbonate de baryte, ce qui donne lieu à une vive effervescence; on filtre, et l'on obtient une liqueur limpide qui renferme un sel de baryte soluble, car, en ajoutant de l'acide sulfurique ou un sulfate en dissolution, on obtient immédiatement un abondant précipité de sulfate de baryte. En évaporant cette liqueur barytique, on obtient un sel cristallisé qui est un méthylsulfate de baryte, analogue à l'éthylsulfate de baryte. M. Dumas reconnut en effet que, lorsqu'on le cal-

(1) Voy. les nos 4, 6, 10, 15, 19 et 22.

Digitized by Google

cine directement, on obtient moitié moins de soufre que lorsqu'on opère cette calcination en présence du chlorate de potasse. Bref, l'analyse conduisit à la formule suivante :

$$C^2H^2(S^2HBaO^8),$$

formule tout à fait comparable à celle de l'éthylsulfate :

$$C^4H^4(S^2HBaO^8).$$

Voilà donc entre l'esprit de bois et l'alcool une première analogie qui vient confirmer les déductions relatives aux propriétés physiques.

Le deuxième composé qui résulte de l'action de l'acide sulfurique sur l'esprit de bois est l'éther méthylsulfurique neutre, que l'on obtient facilement ici, et dont on ne connaît point encore l'analogue véritable dans la série alcoolique ordinaire. C'est un corps volatil sans décomposition que l'on obtient simplement en distillant un mélange convenable d'acide sulfurique et d'esprit de bois, à la condition toutefois de mener lentement l'opération; sa formule, déduite de l'analyse et de la détermination de sa densité de vapeur, est la suivante :

$$\begin{matrix} C^2H^2 \\ C^2H^2 \end{matrix}(S^2H^2O^8).$$

Un troisième composé caractéristique résulte de l'action de l'acide oxalique sur l'esprit de bois. On obtient l'éther oxalique ordinaire en traitant de l'acide oxalique desséché par l'alcool absolu et en recueillant le liquide qui passe à 184 degrés; eh bien, en effectuant la même réaction avec l'esprit de bois, et en recueillant le produit qui passe à 162 degrés, on obtient dans un récipient refroidi un liquide qui cristallise en belles lames rhomboïdales, et qui répond à la formule :

$$\begin{matrix} C^2H^2 \\ C^2H^2 \end{matrix}(C^4H^2O^8).$$

C'est donc un corps analogue à l'éther oxalique :

$$\begin{matrix} C^4H^4 \\ C^4H^4 \end{matrix}(C^4H^2O^8).$$

Chacun de ces corps répond à un équivalent égal à 4 volumes de vapeur. D'ailleurs, l'éther méthyloxalique, traité par la potasse caustique, se décompose dès qu'on élève la température; le liquide se trouble, et, en même temps qu'il se forme de l'oxalate de potasse, il se régénère de l'esprit de bois.

Les analogies se poursuivent plus loin encore, car les réactions qu'exerce, par exemple, l'ammoniaque sur l'éther oxalique se reproduisent dès que l'on fait réagir cet alcali sur l'éther méthyloxalique.

Bien que les faits précédents fussent suffisants pour déterminer la fonction chimique de l'esprit de bois, néanmoins MM. Dumas et Peligot examinèrent l'action des acides acétique, formique et chlorhydrique.

Lorsqu'on distille un mélange d'acide acétique et d'esprit de bois, on obtient de l'éther méthylacétique :

$$C^2H^2(H^2O^2) + C^4H^4O^4 = C^2H^2(C^4H^4O^4) + H^2O^2.$$

L'éther méthylformique aura pour formule :

$$C^2H^2(C^2H^2O^4).$$

L'éther méthylbenzoïque :

$$C^2H^2(C^{14}H^6O^4).$$

Semblablement, l'éther méthylchlorhydrique peut être considéré comme de l'alcool méthylique dans lequel une molécule d'eau est remplacée par une quantité équivalente d'acide chlorhydrique :

$$C^2H^2(HCl).$$

On l'obtient en distillant un mélange d'esprit de bois, d'acide sulfurique et de sel marin; il est gazeux à la température ordinaire, assez soluble dans l'eau, sur laquelle on peut cependant le recueillir à la rigueur; mais il est préférable de l'amener sous le mercure, ou, plus simplement encore, dans un flacon bien sec, au fond duquel on fait arriver le tube à dégagement.

Ce gaz possède une propriété caractéristique, c'est de brûler avec une flamme vert émeraude; le produit de cette combustion précipite par le nitrate d'argent, tandis que le gaz n'accuse avec ce sel aucune réaction, même quand on opère en présence d'un dissolvant commun, tel que l'alcool. M. Dumas le soumit à un froid de 18 degrés au-dessous de zéro, sans pouvoir le liquéfier; cependant il n'est pas permanent, car il se liquéfie, ainsi que je l'ai démontré, à —22 degrés.

Pour compléter toutes ces expériences, il ne restait plus qu'à soumettre l'esprit de bois, d'une part, à l'action de corps déshydratants pour obtenir un éther analogue à l'éther ordinaire; d'autre part, à l'action de corps oxydants pour former un acide comparable à l'acide acétique. Ces prévisions théoriques ont été réalisées par expérience.

En faisant agir trois ou quatre parties d'acide sulfurique sur une partie d'esprit de bois, on peut obtenir un gaz qui se liquéfie à 22 degrés au-dessous de zéro, brûlant avec une flamme blanche, moins brillante toutefois que celle de l'éther et comparable à celle de l'alcool ordinaire : c'est l'éther méthylique :

$$\left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ C^2H^3O \end{matrix}\right\} = C^4H^6O^2.$$

Un volume de cet éther renferme deux fois plus de carbone qu'un volume d'alcool méthylique; en d'autres termes, l'alcool méthylique ne produit qu'un volume d'acide carbonique, tandis que l'éther en produit deux :

$$C^2H^4O^2 + O^6 = C^2O^4 + 2H^2O^2.$$

Éther méthylique. $C^4H^6O^2 + O^{12} = 2C^2O^4 + 3H^2O^2.$

Voilà pourquoi la formule brute de l'éther méthylique doit être doublée; elle devient alors :

$$C^2H^2(C^2H^4O^2),$$

formule tout à fait comparable à celle de l'éther ordinaire :

$$C^4H^4(C^4H^6O^2).$$

Digitized by Google

L'éther méthylique étant très-soluble dans l'eau et dans l'alcool, on le recueille sur le mercure.

En déshydratant profondément l'alcool, on obtient un hydrocarbure, l'éthylène $C^4H^4$; en est-il de même avec l'alcool méthylique? en d'autres termes, le méthylène $C^2H^2$ existe t-il? Jusqu'à présent ce corps n'a pu être préparé, bien qu'à l'origine MM. Dumas et Peligot avaient cru l'obtenir en décomposant l'éther méthylchlorhydrique par la chaleur; mais dans ce dernier cas, il se forme du gaz des marais, de l'hydrogène, de l'acétylène, etc.

Ce résultat négatif ne doit pas être regardé comme un caractère fondamental pour séparer l'esprit de bois de l'alcool; ceci prouve seulement ou que le méthylène est très-instable, ou qu'il ne se forme que dans des circonstances très-spéciales, ce qui nous paraît plus vraisemblable.

Par contre, voici un caractère très-précis qui rapproche complétement l'alcool de l'esprit de bois. Ce dernier, en s'oxydant, peut donner naissance à un acide, l'acide formique, tout à fait comparable à l'acide acétique. On a, du reste :

$C^4H^6O^2$ $C^4H^4(H^2O^2)$ $C^4H^4(O^4)$ acide acétique.
$C^2H^4O^2$ $C^2H^2(H^2O^2)$ $C^2H^2(O^4)$ acide formique.

Voici enfin une dernière propriété qui vient confirmer tout ce qui précède. L'alcool méthylique se combine aisément avec la baryte :

$$C^2H^4O^2BaO.$$

C'est là une propriété que l'on a cru être spéciale à l'esprit de bois; il n'en est rien, car j'ai fait voir qu'elle appartient également à l'alcool ordinaire, que ce dernier se combine avec la baryte, à la condition d'opérer avec de l'alcool rigoureusement absolu, quelques gouttes d'eau suffisant pour opérer la décomposition et la liqueur se prenant en une masse consistante d'hydrate de baryte. Ce composé a, du reste, pour formule

$$C^4H^6O^2BaO.$$

C'est un corps qui jouit de la curieuse propriété d'être moins soluble à chaud qu'à froid, car il se trouble quand on le chauffe, et la liqueur reprend sa transparence par le refroidissement.

De tous les faits qui précèdent on est en droit d'en conclure que l'esprit de bois est un véritable alcool, ce qui justifie le nom d'alcool méthylique qui lui a été donné.

L'étude de l'esprit de bois révélait donc un fait nouveau, tout à fait inattendu, c'est que les propriétés de l'alcool n'étaient pas individuelles et que d'autres corps possédaient la même fonction. Pour ne laisser aucun doute sur ce point fondamental, comparons dans chaque série les corps analogues.

L'esprit de bois a pour formule $C^2H^4O^2 = C^2H^2(H^2O^2)$. $H^2O^2$ étant remplacé par son propre volume gazeux, on obtient les composés suivants :

Éther méthylchlorhydrique.... $C^2H^3Cl = C^2H^2(HCl)$.
— méthylazotique..... $C^2H^3AzO^6 = C^2H^2(AzHO^6)$.
— méthylsulfurique acide... $C^2H^4S^2O^6 = C^2H^2(S^2H^2O^8)$.
— — neutre.. $C^4H^6S^2O^8 = \left\{\begin{matrix} C^2H^2 \\ C^2H^2 \end{matrix}\right.(S^2H^2O^8)$.

Avec les acides organiques, on aura de même :

Éther formique..... .. $C^4H^4O^4 = C^2H^2(C^2H^2O^4)$.
— méthylacétique... $C^6H^6O^4 = C^2H^2(C^4H^4O^4)$.
— méthylbenzoïque.. $C^{16}H^8O^4 = C^2H^2(C^{14}H^6O^4)$.

Éther méthyloxalique... $C^8H^6O^6 = C^2H^2(C^4H^2O^8)$.
— méthylique..... $C^4H^6O^2 = C^2H^2(C^2H^4O^2)$.

Ces séries sont tout à fait comparables à celles que l'on forme avec l'alcool ordinaire, car il suffit de remplacer $C^2H^2$ par $C^4H^4$ pour avoir ces dernières.

Remarquons enfin que les formules de tous ces corps répondent à quatre volumes gazeux; ainsi l'éther méthylacétique donne :

$C^6 = 48$
$H^6 = 6$
$O^8 = 64$
118

118 grammes d'éther méthyloxalique représentent quatre volumes, dès que 8 grammes d'oxygène correspondent à un volume.

L'établissement de la série méthylique a conduit à des idées nouvelles d'une grande importance; ces idées sont relatives à la volatilité et à la constitution chimique des corps. Examinons successivement ces deux points.

Il existe entre les éthers et les acides qui leur donnent naissance une relation générale qui a été indiquée dès l'origine, c'est qu'un éther est, en général, plus volatil que l'acide qui lui donne naissance. C'est ainsi que l'éther méthylbenzoïque bout à 198 degrés, tandis que l'acide benzoïque bout au-dessus de 250 degrés; or l'alcool méthylique bout à 66 degrés, tandis que l'alcool ordinaire bout à 78 degrés; eh bien, étant donné un composé méthylique, le composé éthylique correspondant entrera toujours en ébullition à une température plus élevée..

L'éther chlorhydrique bout à..... 11° } diff. 33°.
— méthylchlorhydrique, à..... —22° }
L'éther éthylique, à..... 36° } diff. 58° : 2 = 29°.
— méthylique, à..... 22° }
L'éther éthylacétique, à..... 74° } diff. 16°.
— méthylacétique, à..... 58° }
L'éther éthyloxalique, à..... 184° } diff. 22°.
— méthyloxalique, à..... 162° }

Les exemples qui précèdent et qu'il est inutile de multiplier suffisent pour prouver l'exactitude de la proposition précitée.

Ces relations qui se montrent avec tant de netteté sont très-importantes, et dans l'origine elles étaient d'autant plus inattendues qu'en chimie minérale rien de semblable ne s'observe : le potassium est volatil, l'étain ne l'est pas; or, tandis que le chlorure d'étain est très-volatil, le chlorure de potassium n'est volatil qu'au rouge vif. En chimie organique, la volatilité obéit à certaines lois que l'on peut prévoir, sans doute parce

Digitized by Google

que les combinaisons sont plus comparables, s'effectuant d'ordinaire avec de faibles dégagements de chaleur.

Une autre notion fort importante découle de l'examen comparatif de la série éthylique avec la série méthylique; l'éther méthylformique a pour formule :

$$C^4H^4O^4.$$

Or, cette formule est la même que celle de l'acide acétique; l'équivalent de ces deux corps est le même, il est égal à 60; c'est-à-dire que un litre d'acide acétique gazeux pèse autant qu'un litre d'éther méthylformique.

Mais les autres propriétés de ces deux composés sont très-différentes : l'acide acétique est volatil à 120 degrés, soluble dans l'eau en toute proportion, exerçant une forte réaction acide sur le papier de tournesol, tandis que l'éther méthylformique est peu soluble, très-volatil et neutre aux réactifs colorés.

Voici un autre exemple qui se rapporte au même ordre de faits. L'éther méthyloxalique qui cristallise en belles lames rhomboïdales a exactement la même formule que l'acide succinique :

Acide succinique..... $C^8H^6O^8$.

Éther méthyloxalique ... $\begin{cases} C^2H^2 \\ C^2H^2 \end{cases}(C^4H^2O^8) = C^8H^6O^8$.

Le premier est un acide bibasique, le second est neutre; mais la différence fondamentale qui existe entre ces corps se révèle dans les phénomènes de décomposition. Lorsqu'on traite chacun d'eux par la potasse, on obtient dans un cas du succinate de potasse, dans l'autre de l'oxalate de potasse et de l'alcool méthylique :

Acide.... $C^8H^6O^8 + 2(KHO^2) = C^8H^4K^2O^8 + 2H^2O^2$.
Éther.... $C^8H^6O^8 + 2(KHO^2) = C^4K^2O^8 + 2C^2H^4O^2$.

L'acide succinique, qui est assez soluble dans l'eau, se volatilise vers 250 degrés, en perdant deux équivalents d'eau; l'éther méthyloxalique est très-peu soluble et se volatilise sans décomposition vers 160 degrés; de plus, les fonctions chimiques sont essentiellement différentes. Mais cette dernière condition n'est pas indispensable pour qu'il y ait isomérie, et l'on peut citer des exemples dans lesquels les fonctions sont très-rapprochées ou même identiques.

L'éther méthylique a la même formule que l'alcool :

$$C^4H^6O^2.$$
$$C^4H^6O^2.$$

Ici les deux composés sont neutres, mais leurs propriétés chimiques sont différentes, car le second, traité par l'acide sulfurique, donne de l'acide éthylsulfurique,

$$C^4H^4(S^2H^2O^8).$$

tandis que le premier donne, dans les mêmes circonstances, l'acide méthylsulfurique :

$$C^2H^2(S^2H^2O^8).$$

Voici maintenant deux corps isomères qui ont la même fonction chimique :

L'éther méthylacétique... $C^6H^6O^4 = C^2H^2(C^4H^4O^4)$.
— éthylformique.... $C^6H^6O^4 = C^4H^4(C^2H^2O^4)$.

Non-seulement les formules brutes sont les mêmes, mais la plupart des propriétés physiques sont presque identiques. Cette ressemblance est tellement grande, que ces deux corps eussent été certainement confondus, si par l'action des alcalis ils ne donnaient naissance à des produits distincts; en effet, le premier donne un acétate, le second un formiate.

L'existence d'un corps analogue à l'alcool a immédiatement suggéré l'idée qu'il devait exister d'autres corps jouant le rôle d'alcools. Or, il existait déjà un corps qui se présentait de lui-même pour venir se ranger dans cette catégorie, c'est l'éthal, dont M. Chevreul avait déjà esquissé l'histoire dès 1818, et dont l'étude, reprise systématiquement par MM. Dumas et Peligot, a achevé d'établir la nature alcoolique.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ZOOLOGIE (1).

### COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

### VI.

#### Classification générale des Zoophytes.

Après avoir donné un aperçu général sur l'œuvre de Cuvier, nous avons cherché quelle pouvait être, dans l'échelle des êtres, la position des Zoophytes. Cette recherche conduit nécessairement à la considération de la série animale, idée qui, on le voit, se présente à chaque instant et sous une foule de formes différentes. Mais il faut se rappeler que la série animale, telle qu'on l'a conçue d'abord, n'est plus soutenable de nos jours; on peut admettre seulement des séries partielles dans des groupes limités d'animaux, ainsi que nous l'avons montré, et admettre aussi l'unité de plan de composition dans chacune des sections de Cuvier.

Nous avons vu Linné placer les Zoophytes dans sa classe des Vers; puis Cuvier en faire son quatrième embranchement, après avoir appliqué à la zoologie le principe de la subordination des caractères.

Quand Cuvier établit ses quatre embranchements du règne animal, il prit comme caractère fondamental la disposition du système nerveux, et avec raison, puisque ce caractère est vraiment dominateur. Du reste, Cuvier n'affirme pas qu'il soit entièrement absolu; il dit même, à propos du système nerveux des Zoophytes :

« Le système nerveux n'est jamais bien évident; lorsqu'on a cru en voir des traces, elles étaient aussi disposées en rayons; mais le plus souvent il n'y en a pas la moindre apparence. »

(1) Voy. les nos 6, 9, 15, 21 et 23.

Digitized by Google

Comme la locomotion dépend directement de l'action du système nerveux, on pourra, jusqu'à un certain point, déduire l'appareil nerveux de l'appareil locomoteur, et il ne semble pas douteux que le système nerveux existe chez tous les Zoophytes : seulement il ne se trouve pas mis en évidence dans la plupart de ces animaux.

Les Zoophytes présentent un grand nombre de formes différentes; mais, en général, les parties de l'organisation sont disposées autour d'un axe sur deux ou plusieurs rayons, de sorte qu'on a donné aussi à ces êtres le nom de Rayonnés. En raison même du peu de netteté des caractères fondamentaux de ces animaux, Cuvier laisse encore de la confusion dans leur classification.

Cuvier prenait comme point de départ de cette classification le caractère qui semble être toujours corrélatif du système nerveux, c'est-à-dire celui qui est donné par le système circulatoire. En effet, ce système se dégrade moins que le premier; et l'on sait même aujourd'hui que dans les *Échinodermes*, Zoophytes à circulation peu distincte, d'après Cuvier, la circulation est plus active qu'on ne l'avait cru d'abord. Les Oursins, les Astéries, les Holothuries, sont des exemples d'Échinodermes.

Cuvier divisa les Zoophytes qui ne lui présentaient pas de circulation distincte, d'après leurs appareils digestifs; c'est un caractère déjà peu important. Il fit sa seconde classe en réunissant sous le nom d'Intestinaux les Zoophytes sans circulation distincte, dont le tube intestinal présente deux orifices terminaux, une bouche et un anus : tel est le Tænia ou Ver solitaire.

Les Zoophytes à circulation indistincte, et dont le tube digestif n'a qu'un orifice, lequel sert à la fois de bouche et d'anus, furent divisés en trois classes, d'après la considération des organes de reproduction.

Ces organes ne fournissent, en général, que des données d'une importance très-secondaire pour les classifications. Aussi devons-nous nous attendre à voir se modifier tous les jours les divisions fondées sur de tels caractères.

Les trois classes dont nous venons de parler sont : 1° Les Acalèphes, où les organes de reproduction sont séparés des organes digestifs : les Méduses en sont un exemple. 2° Les Polypes, dont les organes de reproduction sont contenus dans la cavité digestive : le Corail est le type de cette classe, que nous étudierons avec détail. 3° Enfin les Infusoires, dont les organes de la reproduction sont encore inconnus.

On peut résumer la classification de Cuvier dans le tableau suivant :

ZOOPHYTES.

| | | | |
|---|---|---|---|
| A circulation peu distincte | | | ÉCHINODERMES. |
| A circulation indistincte. Tube digestif | à deux orifices | | INTESTINAUX. |
| | à un seul orifice. Organes de la reproduction | séparés des organes digestifs. | ACALÈPHES. |
| | | réunis aux organes digestifs. | POLYPES. |
| | | inconnus | INFUSOIRES. |

Nous allons passer en revue ces cinq classes, pour signaler différentes erreurs, et opérer une sorte de triage qui nous rendra plus facile l'étude des classifications plus récentes.

*Vers intestinaux.* — Les travaux remarquables de M. Blanchard ont montré que les Intestinaux de Cuvier présentent une circulation très-développée, tandis que dans la classification précédente ils sont mis au nombre des Zoophytes à circulation non distincte. Du reste, ils ne font plus partie aujourd'hui de l'embranchement des Zoophytes; ils constituent une classe à part dans l'embranchement des Annelés. Cuvier ne les avait placés parmi les Zoophytes qu'en raison des caractères de symétrie présentés par le système nerveux, constitué par un anneau céphalique d'où partent des filets rayonnants, et aussi par les ventouses placées symétriquement autour de la bouche.

*Échinodermes.*— Cuvier classe parmi les Échinodermes les Siponcles, animaux à corps cylindriques, communs dans les sables des côtes de Bretagne. Il est reconnu aujourd'hui que les Siponcles tiennent autant aux Annélides qu'aux Échinodermes; ils semblent établir une transition entre ces deux classes. M. de Quatrefages les rapporte aux Géphyriens. — Il en est de même de la Bonellie, animal qui vit dans les mêmes conditions que le Siponcle, et qui fut rapporté d'abord aux Échinodermes par M. Rolando.

*Polypes et Acalèphes.* — Cuvier ne prenait pour bases de ses classifications que des caractères anatomiques; il dit lui-même, dans sa préface du *Règne animal :* « Pour que chaque être puisse toujours se reconnaître dans ce catalogue, il faut qu'il porte son caractère avec lui; on ne peut donc prendre les caractères dans des propriétés ou dans des habitudes dont l'exercice soit momentané, mais ils doivent être tirés de la conformation. »

Nous avons vu déjà que les caractères anatomiques sont insuffisants quand on veut avoir des données exactes sur l'histoire de chaque être pris en particulier; il faut y ajouter toujours les caractères physiologiques et biologiques.

Aussi ne doit-on pas s'étonner de ce que Cuvier ait commis des erreurs graves dans la classification des êtres inférieurs, lesquels présentent quelquefois des caractères anatomiques tout différents et même opposés aux diverses périodes de leur existence. C'est ainsi que les Méduses et les Sertulariens avaient été placés, les premiers dans les Acalèphes, les seconds dans les Polypes; et cependant les formes si différentes de ces animaux doivent être rapportées au même être, puisque chaque Polype d'une colonie de Sertulariens deviendra Méduse à une certaine époque. Les caractères anatomiques que Cuvier croyait constants peuvent donc être tout à fait transitoires.

Cuvier plaçait parmi les Polypes un certain nombre d'animaux ayant de grandes ressemblances avec les vrais Polypes, doués comme eux de la force blastogé-

Digitized by Google

nétique, mais que MM. Audouin et Milne Edwards ont rapprochés plus tard des Mollusques : en les réunissant à d'autres animaux présentant aussi le type des Mollusques, très-dégradé à la vérité, ils ont formé le sous-embranchement des Molluscoïdes, comprenant deux classes, les Bryozoaires (d'Ehrenberg) et les Tuniciers. Ces rapprochements ont été faits d'après le principe si remarquable, dû à de Blainville, de la dégénérescence progressive d'un type bien défini par la disparition successive des parties composant le type primitif. C'est ainsi qu'en rattachant aux Ascidies, déjà placées par Cuvier, parmi les Mollusques dégradés les Dentelles de mer, Flustres foliacées, etc., dont Cuvier faisait des Polypes, on est parvenu à constituer une série complète d'animaux présentant tous les degrés de perfectionnement ou de dégradation, conformément à l'idée de de Blainville.

*Infusoires.* — Cuvier ne se dissimulait pas l'hétérogénéité de ce groupe. Voici ce qu'il écrit lui-même à ce sujet, avant de commencer l'histoire des Infusoires :

« On a coutume de placer à la fin du règne animal des êtres si petits, qu'ils échappent à la vue simple, et n'ont pu être distingués que depuis que le microscope nous a dévoilé en quelque sorte un nouveau monde. La plupart présentent un corps gélatineux de la plus extrême simplicité, et ceux-là doivent en effet trouver ici leur place ; mais on a aussi laissé parmi les Infusoires des animaux beaucoup plus compliqués en apparence, et qui ne leur ressemblent que par leur petitesse et le séjour où on les trouve d'ordinaire.

» Nous en ferons un premier ordre, en insistant toutefois sur les doutes qui subsistent encore relativement à leur organisation. »

Ce premier ordre dont parle Cuvier contenait les Rotifères et les Brachions, animaux fort singuliers, qui, depuis Cuvier, ont été rattachés à beaucoup de types différents. On les considère aujourd'hui comme les membres inférieurs de la série des Crustacés, toujours d'après la même règle de la dégradation des types.

On a laissé dans la classe des Infusoires les Vibrions, les Paramécies, les Monades, etc., qu'on n'a pas encore pu ramener à des types bien définis.

Passons en revue les classifications de Zoophytes venues après celles de Cuvier. Les principales sont celles d'Agassiz, de MM. Milne Edwards et J. Haime, et de Huxley.

Agassiz ne garde des Zoophytes que ceux qui présentent visiblement la forme rayonnée, et il divise ses *Radiaires* ainsi qu'il suit :

| | | | |
|---|---|---|---|
| RADIAIRES... | POLYPES..... | ACTINODES..... | *Actinie.* |
| | | ALCYONIDES..... | *Alcyon.* |
| | ACALÈPHES..... | HYDROÏDES..... | *Apolémie.* |
| | | DISCOPHORES..... | *Méduse.* |
| | | CTÉNOPHORES..... | *Cydippe.* |
| | ÉCHINODERMES. | CRINOÏDES..... | *Encrine.* |
| | | ASTÉROÏDES..... | *Astérie.* |
| | | ÉCHINOÏDES..... | *Oursin.* |
| | | HOLOTHUROÏDES... | *Holothurie.* |

Nous mettons en regard de chaque ordre un exemple des animaux qu'il renferme. On voit qu'Agassiz rejette les Infusoires, dont il rattache les espèces, soit aux Crustacés, soit aux Mollusques, soit même aux Algues (une partie des Rhizopodes, par exemple) ; les Paramécies, qui, pour la plupart des zoologistes, représentent les types des Infusoires, sont pour Agassiz des larves de Vers.

MM. Milne Edwards et J. Haime ont divisé les Zoophytes en deux sections : les *Radiaires* et les *Sarcodaires*. Dans cette dernière section ils rangent les Infusoires et les Rhizopodes, et en outre les Spongiaires, animaux dont l'histoire est encore bien mal connue. Voici du reste le tableau qui résume cette classification :

ZOOPHYTES.

| | | | |
|---|---|---|---|
| RADIAIRES.. | ÉCHINODERMES..... | | ÉCHINODERMES. |
| | CŒLENTÉRÉS. | Organes de reproduction séparés du système digestif. | HYDRAIRES. |
| | | | SIPHONOPHORES. |
| | | | ACALÈPHES. |
| | | Organes de reproduction dans la cavité digestive. | CORALLIAIRES. |
| SARCODAIRES..... | | | INFUSOIRES. |
| | | | RHIZOPODES. |
| | | | SPONGIAIRES. |

C'est la classification la plus heureuse qui ait été donnée ; c'est aussi celle que nous suivrons.

La classification dite *morphologique* de Huxley repose sur la structure anatomique, et aussi sur des caractères embryogéniques assez singulièrement choisis.

Voici dans la classification de Huxley ce qui correspond aux *Radiata* de Cuvier :

| | |
|---|---|
| MOLLUSCOÏDA (en partie)..... | POLYZOA. |
| ANNULOÏDA..... | SCOLECIDA (Intestinaux). |
| | ECHINODERMATA. |
| CŒLENTERATA..... | ACTINOZOA. |
| | HYDROZOA. |
| INFUSORIA..... | INFUSORIA. |
| PROTOZOA..... | SPONGIDA. |
| | RHIZOPODA. |
| | GREGARINIDA. |

On a vu que Huxley divisait les Molluscoïdes en trois classes : les *Polyzoa*, les *Brachiopoda* et les *Ascidioida*. La classe des *Polyzoa*, qui répond à peu près aux Bryozoaires, est un groupe assez hétérogène, comme semblerait l'indiquer son nom. Les Brachiopodes, n'ayant pour Huxley que deux ganglions nerveux de la bouche à l'anus, sont rapprochés des Ascidies, qui présentent ce caractère : le savant anglais signale encore une autre analogie, assez hasardée du reste, consistant dans la disposition en spirale des bras des Brachiopodes, rappelant les tentacules des Ascidies. Le rapprochement des Échinodermes (*Echinodermata*) et des Intestinaux (*Scolecida*) dans le groupe des *Annuloida* est fondé sur le développement embryogénique de ces animaux, qui paraît être le même dans les deux classes : le passage de l'œuf à l'embryon s'effectue par l'intermédiaire d'un proembryon, phénomène assez comparable à ce qui se produit dans le développement des Fougères et autres végétaux acotylédones. Mais ce caractère, étant le seul

Digitized by Google

fait qui permette de rapprocher les Échinodermes et les Intestinaux, animaux si différents sous tous les autres rapports, ne mérite pas l'importance que lui donne Huxley.

Nous commencerons l'étude des Zoophytes par celle des Coralliaires, qui présentent un type bien défini, et nous consacrerons les prochaines leçons à l'histoire détaillée du Corail, si intéressante à tous égards.

---

**Sur la cause de la cristallisation des solutions sursaturées, et sur la dissémination du sulfate de soude dans l'air,** par M. Ch. Viollette.

Dans le mémoire que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie dans la séance du 24 avril dernier, je n'ai point parlé, à dessein, des faits constatés par moi depuis 1860, relativement à la dissémination des parcelles de sulfate de soude dans l'air ; je m'étais proposé d'en faire l'objet d'une communication spéciale lorsque j'aurais complété mon travail. Mais la note de M. Gernez insérée dans les *Comptes rendus* de cette même séance, étant de nature à établir une confusion entre ses expériences et celles que j'ai faites antérieurement sur le même sujet, je crois devoir rappeler les faits principaux auxquels je suis arrivé jusqu'ici. J'ai établi par des expériences décrites en partie dans les *Mémoires de la Société des sciences de Lille* (1860, 2e série, t. VII, p. 190 à 194), résumées dans la *Revue des Sociétés savantes* du 27 mars 1863, p. 148 et suiv., et j'ai en outre vérifié depuis les résultats généraux suivants :

1° La substance qui détermine la cristallisation subite de solutions salines n'est pas répandue dans l'atmosphère d'une manière continue ; elle paraît disséminée au même degré que les germes qui produisent les générations dites spontanées.

2° L'air détermine la cristallisation subite des solutions sursaturées par l'action qu'exerce sur elles une substance solide qu'il tient en suspension.

3° De là cette conséquence : que des solutions sursaturées doivent se conserver indéfiniment dans des ballons ouverts à cols sinueux. (Je possède de semblables ballons ouverts, suspendus depuis 1860 dans le laboratoire de la Faculté des sciences de Lille.)

4° Si les corps exposés à l'air pendant un temps convenable déterminent la cristallisation des solutions salines sursaturées, cela tient à ce que l'air a déposé à leur surface une substance solide qui jouit de cette propriété.

5° Cette substance est dissoute ou modifiée par l'eau ; le chlore, le brome, la plupart des gaz, l'alcool, l'éther, etc., sont sans action sur elle.

J'ai établi en outre, dans le mémoire que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie, que :

6° La substance qui fait cristalliser les solutions sursaturées de sulfate de soude est détruite par une température comprise entre 34° et 33°,5.

En ce qui concerne le sulfate de magnésie, j'ai établi par des expériences encore inédites que :

7° La substance qui fait cristalliser les solutions de ce sel est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, etc., et qu'elle perd seulement son action vers 108 degrés ; à 105 degrés, elle la possède encore. J'ajouterai que pour le sulfate de magnésie et l'alun, un froid de 18 degrés au-dessous de zéro ne fait point cesser la sursaturation.

En cassant les cols de ballons lavés extérieurement, ou chauffés et enduits de cire fondue, dans lesquels se trouvaient des solutions sursaturées, concurremment avec d'autres ballons contenant du sucre et de l'eau de levûre, et en employant toutes les précautions prises par M. Pasteur dans des expériences analogues, j'ai obtenu des résultats qui ont été communiqués à la Société des sciences de Lille en 1863, et dont il a été fait mention dans le tome X de ses *Mémoires*, p. 476 et 506, et dans les Comptes rendus des travaux de l'année scolaire 1862-63 (Académie de Douai, séance de rentrée des Facultés, p. 34). Depuis, j'ai continué ces expériences, et je les continue encore en opérant sur de l'air pris à différentes hauteurs, et dans des circonstances diverses, sur l'air des plaines ou de la surface de la mer, sur l'air des bois, des habitations, etc., et aujourd'hui comme alors, je puis dire que :

8° L'air ordinaire ne renferme que çà et là, et sans aucune continuité, la cause qui détermine la cristallisation subite des solutions salines sursaturées. Ici il y a des poussières propres à provoquer telle ou telle cristallisation ; là il n'y en a pas. Il y en a peu ou beaucoup, selon les lieux et les circonstances atmosphériques dans lesquels on opère (je me sers à dessein des termes employés par M. Pasteur dans son travail sur les corpuscules de l'air). Il semble même que l'air des habitations en contient plus que l'air de la campagne, et que l'air commun que nous respirons renferme beaucoup moins de poussières propres à la cristallisation que de poussières propres aux générations dites spontanées. Il y a donc une corrélation évidente entre ces deux ordres de phénomènes. Dans un cas, comme l'a prouvé M. Pasteur, la vie se développe dans un milieu organique par l'apparition d'un germe, c'est-à-dire d'un être organisé ; dans l'autre, la cristallisation se produit au sein d'un milieu minéral par la présence d'une poussière qui joue là, en quelque sorte, le rôle d'un germe minéral. Ces expériences, comme on le voit, servent de réfutation à l'un des arguments des partisans des générations spontanées.

Depuis longtemps déjà circulait en Allemagne une théorie à l'aide de laquelle on expliquait les phénomènes de sursaturation par la présence dans l'air de petits cristaux des substances qui peuvent donner des solutions sursaturées. Mais ce qui montre bien le peu d'importance que l'on attachait à cette *hypothèse* à l'époque où mes premières recherches ont commencé, c'est qu'en 1858, M. Schrœder s'élève avec force contre elle en la traitant d'invraisemblable, comme je l'ai indiqué dans mon mémoire.

J'ajouterai que je m'estime très-heureux d'avoir eu la bonne fortune de rencontrer sitôt dans les travaux de M. Gernez une vérification des résultats de mes expériences, à laquelle j'étais bien loin de m'attendre.

---

M. Hébert, professeur de géologie à la Faculté des sciences, fera dimanche prochain, 21 mai, une excursion géologique à *Montmartre, les Docks* et *Passy*. Rendez-vous à *Montmartre*, place Saint-Pierre, à huit heures du matin.

— M. Chatin, professeur de botanique à l'École de pharmacie, fera dimanche prochain, 21 mai, une herborisation aux environs de *Montmorency*. Rendez-vous à la gare du Nord pour le train quittant Paris à neuf heures vingt-cinq minutes pour la station d'*Ermont*. — Des cartes donnant droit à une réduction sur le prix des places en chemin de fer seront distribuées à la gare un quart d'heure avant le départ.

— Aux *conférences historiques de la Faculté de médecine*, lundi prochain, 22 mai, à sept heures et demie du soir, M. Follin parlera de *Gui de Chauliac*.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 26. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 27 MAI 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements... | — | 1 ) | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, | 15 fr. | Départ., | 18 fr. | Étranger, | 20 fr. |
| Un an..... | — | 20 | — | 30 | — | 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

FACULTÉ DES SCIENCES DE STRASBOURG. — **Chimie.** — Cours de **M. Liès-Bodard** : L'oxygène, l'ozone et l'antozone; recherches de M. Meissner professeur à l'Université de Gœttingue.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE VERSAILLES. — **Physique.** — Conférence de **M. Caxin** : Effets mécaniques de la chaleur.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XXVI. Le nerf moteur empoisonné par le curare perd ses propriétés du centre à la périphérie; expériences inédites de M. Claude Bernard. XXVII. — Extraction de la curarine.

Paris, 26 mai 1865.

Les mémoires lus à l'Académie des sciences, lundi dernier, n'ont pas été très-nombreux. La séance a été remplie en grande partie par une longue communication de M. Becquerel sur les forêts, et toutes les questions qui s'y rattachent, leur influence climatérique, la question des défrichements, la marche comparative de la consommation du bois et de la houille comme combustibles, etc.

M. Civiale a lu le compte rendu des opérations de calculs urinaires qu'il a faites pendant l'année.

Enfin, M. Bertrand a présenté un mémoire mathématique de Gavarni le célèbre caricaturiste.

Lundi prochain, 29 mai, aux *conférences historiques de la Faculté de médecine*, M. Gubler, qui vient d'être élu membre titulaire de l'Académie de médecine dans la section de thérapeutique, parlera de *Sylvius* et de l'*Iatrochimie*. E. A.

### FACULTÉ DES SCIENCES DE STRASBOURG.

COURS DE M. LIÈS-BODARD.

**Exposé des recherches de M. Meissner (de Gœttingue) sur l'ozone et l'antozone.**

#### I. — L'OXYGÈNE ÉLECTRISÉ.

*Description de la méthode.*

Pour électriser l'oxygène, Meissner s'est servi d'un appareil particulier, construit pour la première fois par M. de Babo.

Il savait que l'effet de l'électricité sur l'oxygène est maximum quand le fluide se propage à travers le gaz sans produire d'étincelle.

La décharge se faisait entre deux faisceaux de six fils de platine très-fins et longs de cinq décimètres chacun; pour isoler ces fils les uns des autres, il les avait engagés dans des *tubes de verre capillaires* sur une *grande partie* de leur longueur : le verre était fondu à la lampe, aux deux extrémités. Chaque fil de platine n'avait donc qu'une extrémité de libre; il entortillait ces six bouts de platine en faisceau et les mettait en communication avec un fil de platine unique.

Les deux faisceaux ainsi construits, il les engageait dans un tube de verre long de 6 décimètres, de telle façon que les six tubes très-fins de l'un des faisceaux avaient leur communication en platine à gauche, et l'autre à droite ; de cette manière les deux faisceaux se pénétraient réciproquement. Le tube de verre dans lequel ils étaient engagés était tout juste assez gros pour les contenir; les tubes capillaires se touchaient alors dans



Digitized by Google

toute leur longueur, et l'oxygène n'avait d'autre passage que les interstices étroits qui existaient entre les tubes.

Les deux bouts de platine étaient soudés dans le tube de verre et communiquaient avec une puissante bobine d'induction, mise en activité par quatre ou cinq gros éléments de Bunsen.

L'auteur a mis beaucoup de soins à bien dessécher les gaz qui étaient soumis à l'action électrique; la réussite des expériences dont la description va suivre dépendait en grande partie de la parfaite siccité des gaz : l'appareil dessiccateur consistait en une succession de tubes de verre remplis de fragments de chlorure de calcium et de perles de verre mouillées d'acide sulfurique concentré. Ces tubes offrent l'avantage de se laisser balayer facilement par un gaz, si on veut obtenir ce gaz pur, ce que les tubes remplis de pierre ponce ne permettent pas aussi facilement; la pierre ponce est poreuse et retient longtemps les gaz dont elle est imprégnée.

Avant chaque expérience, on chassait l'air de l'appareil, soit en y faisant passer le gaz sur lequel on voulait opérer pendant une heure et demie au moins, soit en y faisant le vide à plusieurs reprises sur de l'hydrogène, ou de l'acide carbonique, ou de l'oxygène.

Comme l'ozone attaque les bouchons et les tubes de caoutchouc, on a évité avec soin leur emploi : les communications étaient de verre et les fermetures faites avec de petits robinets à cloche, de verre, et plongeant dans du mercure.

Meissner se proposait de voir si l'oxygène électrisé subissait encore une autre modification que la production d'ozone.

Dans ce but l'oxygène pur et sec, après avoir été fortement électrisé, passait dans des dissolutions concentrées de diverses substances, capables de détruire l'ozone.

Ces substances étaient l'iodure de potassium, l'acide pyrogallique, l'albumine, etc.

Quelle que soit la substance employée pour détruire l'ozone, le gaz qui sortait de ces dissolutions présentait un caractère constant et singulier : il donne au contact de l'eau des fumées que l'auteur appelle « brouillards », et qui sont si épaisses, que l'air du vase qui les renferme en peut devenir opaque. Ces fumées prennent facilement des formes arrondies à contours nets, comparables aux formes et aux contours des nuages. — Aucun autre gaz que l'oxygène électrisé ne jouit de la propriété de donner des fumées.

Le corps qui produit ces fumées caractéristiques est appelé par Meissner provisoirement *atmizone* (de ἀτμίζω, je fume).

Les fumées d'atmizone sont plus lourdes que l'air; on peut les recueillir dans des flacons secs, à la façon du chlore; à cet état, ces fumées se conservent pendant trente à quarante-cinq minutes; elles disparaissent peu à peu, et leur odeur diminue; quand elles ont disparu, on remarque sur les parois du flacon de fines gouttelettes d'eau; cette eau est pure, elle ne renferme pas d'eau oxygénée. L'atmizone a donc une grande avidité pour l'eau. Si au lieu de le mettre en contact avec l'eau, on a soin de le dessécher et de le recueillir dans des flacons secs, on remarque que le gaz renfermé dans les flacons conserve la propriété de produire des fumées avec l'eau qu'on y projette pendant une heure et demie environ; il est donc plus stable à l'état sec qu'à l'état humide.

Si l'on recueille dans un flacon humide le mélange d'ozone et d'atmizone, c'est ce dernier qui disparaît d'abord et l'ozone se conserve alors pendant des mois, sans beaucoup perdre de ses propriétés.

Si au contraire on recueille le mélange des deux gaz dans des flacons secs, on remarque que l'atmizone a gagné une stabilité inattendue par la présence de l'ozone; on donnera plus tard l'explication de ce fait curieux.

L'ozone et l'atmizone sont à l'état humide moins stables qu'à l'état sec, si on les soumet à l'action de la chaleur.

Une température de 80 degrés suffit pour les détruire instantanément s'ils sont humides, tandis qu'une chaleur de 235 à 240 degrés est nécessaire pour faire perdre leurs propriétés aux gaz secs.

## II. — Ozone et antozone.

Les recherches dont l'exposé va suivre ont pour but de prouver que l'atmizone de Meissner est identique avec l'antozone de Schönbein.

La propriété fondamentale de l'antozone étant celle de former avec l'eau $HO^2$, l'auteur s'occupe d'abord des réactifs les plus sensibles de l'eau oxygénée. Celui auquel il donne la préférence est l'iodure de potassium en présence d'une petite quantité d'un sel ferreux.

L'eau oxygénée pure n'a aucune action sur l'iodure de potassium; mais en présence d'une dissolution étendue de sulfate ferreux, l'iode est mis en liberté et l'on obtient la coloration bleue caractéristique si l'on a soin de mélanger à l'iodure de potassium une goutte d'empois d'amidon.

Pour que la réaction se fasse bien, il faut que les liqueurs employées soient parfaitement neutres, car l'eau oxygénée est plus stable en présence d'un acide libre et la décomposition de KI n'a plus lieu.

Les réactions de l'eau oxygénée bien connues, Meissner s'occupe de la préparation de l'antozone par les méthodes indiquées par Schönbein et étudie les conditions dans lesquelles cet antozone se combine avec l'eau pour former l'eau oxygénée.

*Première méthode.* — Si l'on traite le bioxyde de baryum par un acide concentré (acide sulfurique) il se dégage de l'antozone. Si l'on opère dans deux vases concentriques, dont l'un renferme de l'eau et l'autre le mélange

Digitized by Google

qui produit l'antozone, on constate qu'au bout de peu de temps l'eau du vase extérieur renferme des quantités appréciables de $HO^2$.

Si l'on traite $BaO^2$ par des acides étendus (HCl) l'oxygène ne se dégage plus, il reste combiné à l'eau; pour se procurer de l'eau oxygénée parfaitement neutre, on peut faire agir l'acide carbonique sur le bioxyde de baryum en suspension dans l'eau; on obtient ainsi une eau assez concentrée pour obtenir $MnO^2$ un dégagement d'oxygène notable.

*Deuxième méthode.* — Si l'on broie le spath fluor de Welsendorf, on remarque une odeur d'antozone qui se dégage du minéral pulvérisé ; si l'opération se fait en présence de l'eau, l'eau renferme $HO^2$.

*Troisième méthode.* — L'essence de térébenthine, exposée à l'air, absorbe de l'oxygène; si on l'agite avec de l'eau, cette eau se charge de petites quantités d'eau oxygénée.

Après avoir passé en revue les différentes sources d'antozone, Meissner fait remarquer que l'antozone fume à l'air humide comme l'atmizone ; de plus ce dernier, en traversant l'eau, s'y combine en partie, et l'eau renferme $HO^2$.

Pour détruire l'ozone mélangé à l'atmizone, Meissner a dû, dans le cas actuel, employer l'acide pyrogallique, car l'iodure de potassium renferme bientôt assez d'acide iodique, qui, entraîné par les gaz, se condense dans l'eau, et peut à lui seul donner les réactions de $HO^2$.

Les faits précédents permettent de conclure que l'antozone et l'atmizone sont des états de l'oxygène identiques, et à l'avenir nous n'emploierons plus que la dénomination d'antozone.

### *Oxydation de l'azote par l'oxygène électrisé.*

On sait qu'il se produit de l'acide azotique toutes les fois que l'étincelle électrique traverse un mélange d'oxygène et d'azote. Meissner a étudié avec soin ce fait important, dans le but de connaître l'influence de l'étincelle électrique. Si l'on électrise de l'air bien sec, dans l'appareil de Babo, et qu'on le fasse passer par plusieurs flacons pleins d'eau, on remarque que le premier flacon renferme bientôt de petites quantités d'acide azotique.

L'air lavé renferme encore de l'ozone et de l'antozone; et l'eau des flacons renferme de petites quantités de $HO^2$, qu'on peut constater en neutralisant avec soin l'acide azotique.

Pour prouver que l'acide azotique se forme au contact de l'azote avec l'oxygène électrisé, Meissner remplit son appareil d'oxygène, puis il fit passer le courant d'oxygène électrisé dans un flacon laveur, dans lequel arrivait par un autre tube de l'air ordinaire : les deux gaz se rencontraient sous l'eau, puis se mélangeaient dans l'atmosphère du flacon ; le mélange des gaz traversait plusieurs fois l'eau : dans tous ces flacons il trouva de l'acide azotique ; mais le premier flacon en renfermait plus que les autres.

L'auteur prouva ensuite que ni l'antozone ni l'ozone seuls ne pouvaient se combiner avec l'azote ; pour obtenir de l'acide nitrique, il fallait mettre en présence un mélange d'ozone et d'antozone.

Comme toutes ces expériences ont une importance extrême, il est bon de dire que Meissner mit beaucoup de soin à éviter la présence de l'azote dans l'oxygène employé : l'oxygène électrisé traversait un premier flacon avec de l'eau, et là il se serait formé de l'acide azotique si l'oxygène avait renfermé de petites quantités d'azote; eh bien ! Meissner n'a jamais trouvé $AzO^5$ dans ce premier flacon, ce qui prouve bien la pureté du gaz employé.

Comme il a été dit plus haut, l'appareil de Babo ne produit pas d'étincelle électrique, mais le gaz s'électrise en passant sur des surfaces de verre ayant une grande tension électrique. Pour voir l'action de l'étincelle sur l'air, Meissner fit passer de l'air dans l'appareil employé par MM. Fremy et Becquerel : l'étincelle jaillissait continuellement entre deux pointes de platine. A l'aide de cet appareil il réussit à prouver qu'il ne se forme pas d'acide azotique si l'air employé est d'une sécheresse absolue ; ce n'est toutefois qu'après une série d'essais infructueux que l'auteur put tirer cette conclusion avec une extrême certitude : il est très-difficile d'obtenir des gaz absolument secs.

Si donc l'air était sec, il ne se formait que de l'ozone et de l'antozone mélangés d'azote, et dès que ce mélange gazeux était mis en contact de l'humidité, il se formait de l'acide azotique.

Si l'étincelle jaillit dans l'air humide, il se produit beaucoup plus d'acide nitrique que dans l'appareil de Babo, toutes choses étant égales d'ailleurs.

L'auteur pensa que cette différence pouvait bien provenir de la chaleur développée par le passage de l'étincelle : en effet, revenant à l'appareil de Babo, il fit passer l'air électrisé à travers un tube chauffé sur une petite étendue, et il vit la quantité d'acide azotique augmenter notablement.

Il semble donc clairement démontré que la formation de $NO^5$ demande la présence d'ozone, d'antozone, de l'eau et une certaine élévation de température.

Laissant un instant de côté le récit de ses expériences, Meissner passe en revue les différentes hypothèses émises sur la nature de l'ozone et de l'antozone par les chimistes qui se sont occupés de cette question.

Dès qu'on eut démontré que l'ozone était de l'oxygène dans un état particulier, on désigna cet état par le mot « allotropique » ; plus tard Houzeau l'appela « oxygène naissant », et Fremy et Becquerel « oxygène électrisé ». Ce fut alors que Clausius, devançant les faits, publia ses idées sur la constitution de l'oxygène.

Comme Laurent et Gerhardt l'avaient admis pour l'hydrogène, le chlore, etc., il considéra la molécule d'oxygène comme formée de deux atomes, et il supposa que

Digitized by Google

ces atomes, séparés par une action quelconque, constituaient l'ozone; ainsi, si un corps, le phosphore pur, s'oxyde à l'air, l'un des atomes serait plus fortement attiré que l'autre, qui, repoussé dans l'atmosphère, constituerait l'ozone. Il expliqua l'action de l'électricité, en supposant que les deux atomes se chargeaient de la même manière et se repousseraient alors.

L'oxygène à l'état naissant serait formé d'atomes non encore groupés en molécules, la formation d'ozone dans l'électrolyse de l'eau s'expliquerait de la même manière.

Un peu plus tard, Clausius revint sur sa manière de voir; il supposa plus naturel d'admettre que les deux atomes de l'oxygène étaient chargés d'électricités contraires, et que l'un des atomes se combinait plus facilement à un certain groupe de corps, et l'autre atome avec un autre groupe : Clausius a exprimé ces idées alors que l'antozone n'était pas connu, et l'on a vu que l'expérience lui a donné raison.

De la Rive admit aussi que l'oxygène était formé par plusieurs atomes, et qu'un atome isolé constituait l'ozone; mais cet atome isolé aurait deux pôles de signes contraires, et par là de la Rive comptait expliquer les propriétés magnétiques de l'oxygène.

Schönbein continua à considérer l'ozone et l'antozone comme des états allotropiques de l'oxygène; mais comme l'or et le platine se polarisent négativement au contact de l'ozone, et comme les ozonides se comportent comme des corps chargés d'électricité négative, et les antozonides au contraire comme positifs, il appela l'ozone : oxygène actif négatif; et l'antozone : oxygène actif positif. Mais, et l'auteur insiste sur ce point, Schönbein ne parle nulle part de l'atome électrisé en plus ou en moins.

Voici maintenant l'opinion personnelle de Meissner : l'oxygène inactif a une molécule composée au moins de deux atomes. Comme les gaz sont mauvais conducteurs de l'électricité, les molécules sont isolées les unes des autres; un corps électrisé agira donc par influence sur une molécule; l'un des atomes s'électrisera en plus, l'autre en moins, et si l'action du corps influençant est assez forte, les deux atomes seront séparés, l'un sera attiré et l'autre repoussé; le gaz qui entoure les atomes séparés empêche leur réunion instantanée. Les affinités des deux atomes sont diverses : l'un, l'ozone se combine avec le potassium, l'iode, etc.; l'autre, l'antozone, avec l'eau, etc., et les corps oxydés peuvent être considérés comme formés de deux groupes : les ozonides et les antozonides de Schönbein.

Si l'ozone et l'antozone sont des atomes électrisés en sens contraire, mais isolés, ils doivent dissimuler réciproquement leurs électricités comme un condensateur. Or les faits précédemment cités viennent à l'appui de cette théorie : en effet, la présence de l'ozone empêche l'antozone de former ces fumées caractéristiques avec l'eau. Les gaz humides ne se conservent pas longtemps en présence : l'eau est conductrice, et l'ozone et l'antozone peuvent se neutraliser plus vite. Si le mélange des deux gaz est sec, nous avons vu que l'antozone est plus stable en présence de l'ozone, ce qui s'explique naturellement : l'ozone dissimulant par influence l'électricité de l'antozone.

Meissner a cherché à démontrer l'état électrique de l'ozone et de l'antozone par l'électromètre condensateur; mais en se mettant à l'abri de toute cause d'erreur; il n'a jamais pu trouver la plus petite quantité d'électricité, ce qui tient sans doute à la mauvaise conductibilité des gaz.

Par contre, l'ozone a la propriété de se condenser à la surface de l'or et du platine; ces lames sont alors polarisées négativement.

L'antozone de son côté adhère à l'eau, et l'eau oxygénée paraît électrisée positivement par rapport à l'eau pure.

On sait que si l'on fait passer sur du phosphore humide un courant d'air, il se forme de l'ozone; mais outre l'ozone il se forme des fumées abondantes; dans le principe on prit ces fumées pour de l'acide phosphoreux; comme on ne put y démontrer la présence du phosphore, Schönbein les déclara pour de l'azotite d'ammoniac. D'après Meissner ces fumées ne sont autre chose que les fumées d'antozone : on peut les agiter avec des dissolutions acides, alcalines, sans parvenir à les faire disparaître; de plus, si on les recueille dans des flacons secs, elles disparaissent peu à peu et laissent ces gouttelettes d'eau pure que laisse l'atmizone.

L'oxygène de l'air qui a passé sur le phosphore renferme moins d'ozone que ne l'exigerait la quantité d'antozone qu'on y rencontre; cela s'explique : le phosphore se combine avec l'ozone et l'on n'observe que la petite quantité d'ozone qui échappe à la combinaison; si l'on fait passer un mélange convenable d'air et d'acide carbonique sur du phosphore, tout l'ozone se combine avec le phosphore, et l'antozone seul échappe.

Si l'on fait passer les gaz venant du tube à phosphore sur de l'iodure de potassium pour absorber l'ozone, puis dans de l'eau, cette eau renferme bientôt de petites quantités d'acide iodique, d'eau oxygénée, d'acide phosphorique; jamais de l'acide phosphoreux ni de l'acide azotique.

Ce dernier fait, qui paraît contradictoire avec ce qui a été dit au sujet de l'influence de l'ozone et de l'antozone sur l'azote, se comprend pourtant en réfléchissant à la différence d'affinité qui existe entre l'azote et le phosphore, pour l'oxygène. Comparons les produits déposés dans l'eau traversée par le courant d'air électrisé avec ceux qui se déposent dans l'eau traversée par l'air qui a passé sur le phosphore, nous aurons dans le premier cas : $IO^5$, $NO^5$, $HO^2$; nous aurons dans le second cas : $IO^5$, $PO^5$, $HO^2$; on voit qu'il y a parfaite symétrie entre les deux actions.

Si l'on place un bâton de phosphore à surface nette

Digitized by Google

dans un grand flacon avec un peu d'eau, au bout de douze ou vingt-quatre heures cette eau contiendra, outre l'acide phosphorique, beaucoup d'eau oxygénée (assez pour donner avec $MnO^2$, un dégagement appréciable d'oxygène), de plus un peu d'acide azotique et pas d'azotite d'ammoniaque.

Schönbein avait cependant annoncé la formation de ce corps dans le cas présent. Voici à quoi tient l'erreur de Schönbein : cet habile chimiste plaçait un bâton de phosphore dans un grand flacon avec un peu d'eau; quand le flacon était plein de fumées, il enlevait le phosphore, rinçait le flacon avec soin, pour enlever l'acide phosphorique qui mouillait le verre, puis il suspendait dans le flacon, encore plein de vapeurs, de petites éponges lavées avec soin et imprégnées d'eau pure. Quand les fumées avaient disparu, il retirait les éponges, les exprimait, et dans l'eau exprimée il versait de l'iodure de potassium et un peu d'acide sulfurique étendu : l'azotite d'ammoniaque mettait l'iode en liberté et on le constatait par l'empois d'amidon. Il se produisit une coloration bleue; suivant Meissner cette réaction est due à de petites quantités d'acide iodique provenant de l'action de l'ozone sur la matière de l'éponge qui, comme on sait, renferme de l'iode combiné.

Meissner put, avec de la patience, obtenir des quantités assez notables d'acide iodique pour l'avoir à l'état sec. — En étudiant ces réactions, Meissner observa encore un fait singulier : en agitant avec de l'eau les fumées du phosphore, il lui était parfois impossible de constater la présence de $HO^2$ par sa réaction favorite, alors que l'eau oxygénée devait forcément exister : il reconnut que cette résistance inattendue était due à l'ozone : l'ozone se dissout dans l'eau en petite quantité, et cette eau jouit de propriétés réductrices puissantes; elle empêche la mise en liberté de l'iode par l'eau oxygénée en présence de sulfate ferreux, et empêche aussi l'action sur la teinture de gaïac. Meissner eut l'idée de mettre cette eau en contact avec le bioxyde de baryum, pour voir si elle se décomposait comme l'eau oxygénée avec le bioxyde de manganèse; il remarqua en effet un dégagement d'oxygène notable et le bioxyde de baryum fut réduit.

L'eau ozonée avec un sel ferreux bleuit l'empois ioduré, mais beaucoup moins que l'eau oxygénée, toutes choses égales d'ailleurs.

Beaucoup de métaux se comportent comme le phosphore : le zinc, le cadmium, le plomb, au contact de l'air et de l'eau s'oxydent et l'eau renferme de l'eau oxygénée. Ces métaux se combinent avec l'ozone; d'autres métaux en brûlant à l'air se combinent avec l'ozone, tels sont : H, K, Ba, etc., et forment des oxydes HO, KO, BaO, qui ont la propriété de se combiner avec l'antozone pour former des peroxydes.

De même que les combustions lentes polarisent l'oxygène en le dédoublant en ozone et antozone, de même les combustions rapides produisent une polarisation de l'oxygène; ici cependant, il est plus difficile de constater la formation d'antozone, car la température est assez élevée pour le détruire en grande partie; tel qu'on le recueille, il est entré dans sa phase de décomposition, et l'on a de la peine à en faire de l'eau oxygénée; les fumées (brouillards) cependant peuvent se constater facilement.

Si l'on fait passer les produits de la combustion rapide du phosphore à travers de l'eau, des dissolutions alcalines, ces épaisses fumées qu'on croyait dues à l'acide phosphorique sont loin de disparaître : elles paraissent augmenter plutôt; elles ne renferment plus de phosphore : ce sont des fumées d'antozone.

Il en est de même de toutes les combustions : la flamme de l'hydrogène, du gaz de l'éclairage, de l'alcool, etc., donnent, si on les débarrase des produits de combustion, des fumées d'antozone appréciables. — On peut même réussir à prouver la présence de l'eau oxygénée dans l'eau produite par la combustion des gaz qui ne déposent pas de charbon : il suffit de renverser rapidement sur la flamme un ballon, de façon à presque l'éteindre et éviter toutefois que le ballon ne s'échauffe, en le retirant tout de suite; en répétant plusieurs fois cette expérience, l'eau condensée dans le ballon renferme de l'eau oxygénée; il faut une certaine habitude pour réussir cette expérience.

### *Polarisation de l'oxygène par les combustions.*

La haute température produite dans ces combustions détruit en grande partie l'antozone; c'est dans la combustion lente du tabac qu'on peut bien montrer les fumées d'antozone : il suffit d'absorber les produits de la combustion par des lavages dans l'eau; les fumées n'en deviennent que plus épaisses.

La fumée qui se dégage de la poudre qui brûle, celle qui se dégage par les cheminées, sont des fumées d'antozone.

Dans les oxydations c'est donc l'ozone qui est fixé, l'antozone est repoussé dans l'atmosphère, chargé d'électricité positive, qu'il perd peu à peu et redevient oxygène inactif. Cependant on peut objecter que si le phosphore brûle sous une cloche, presque tout l'oxygène est absorbé, et qu'il n'en reste que des traces. Meissner trouve dans cette objection un argument en faveur de sa théorie : en effet, admettons que la moitié de l'oxygène se combine au phosphore comme ozone, l'autre moitié sera repoussée comme antozone, mais ne pourra rester dans cet état : la haute température de la flamme en fait repasser une grande partie à l'état d'oxygène inactif, qui se redédouble à son tour; l'antozone lui-même, qui a échappé à l'action de la flamme, perd dans le milieu ambiant son électricité et redevient oxygène inactif : le phénomène continue ainsi, et l'on conçoit que tout l'oxygène ne peut être enlevé, il en échappera toujours une certaine fraction.

Digitized by Google

L'oxydation de l'essence de térébenthine offre un moyen commode pour voir quelle modification de l'oxygène sert à oxyder : l'essence de térébenthine pure fraîchement distillée s'oxyde rapidement à l'air : si on l'agite avec de l'eau, on y trouve de l'eau oxygénée ; est-ce l'ozone ou l'antozone qui oxyde ?

Pour résoudre la question, on a fait passer de l'antozone dans l'essence de térébenthine pure ; elle ne s'est pas oxydée ; puis on y a fait passer de l'ozone : bientôt l'essence s'est épaissie de façon à obstruer le tube qui amenait le gaz.

Si tant de phénomènes produisent de l'antozone, qui se trouve d'ailleurs toujours en présence de l'eau, il en résulte que l'eau oxygénée et les fumées d'antozone doivent être très-répandues à la surface du globe ; il est vrai que la présence de l'eau oxygénée, corps très-altérable, ne se constate pas ; mais par contre, les fumées d'antozone sont d'autant plus abondantes : ce sont les brouillards et les nuages, ainsi qu'on va le démontrer dans le chapitre suivant.

### III. — L'ozone et l'antozone dans l'atmosphère.

Quand la vapeur d'eau se condense dans l'air, elle prend la forme de vésicules microscopiques. On peut produire cette condensation dans un gaz humide, par un refroidissement brusque, soit en y projetant un morceau de glace, soit en raréfiant l'air à l'aide de la machine pneumatique : ces vésicules se groupent en nuages stratifiés qui se maintiennent assez longtemps pour être observés. Ces vapeurs ont la même forme que les brouillards et les nuages, qui sont en définitive des brouillards flottant à une grande hauteur.

Or, d'après Meissner, les *vésicules ne se forment que quand il y a de l'oxygène en présence.*

Dans l'hydrogène, l'azote, l'acide carbonique, etc., la vapeur d'eau se condense sous forme de gouttelettes fines qui ne restent pas longtemps en suspension, mais tombent immédiatement sous forme de pluie ; la présence de petites quantités d'oxygène dans les gaz suffit pour produire de petits nuages. Or, les fumées que l'antozone forme avec la vapeur d'eau ont à un haut degré les propriétés du nuage. Au commencement les fumées sont homogènes ; mais à mesure que l'antozone perd ses propriétés actives, on y observe des points blancs qui grossissent peu à peu et qui finissent par devenir assez grands pour qu'on puisse les reconnaître avec certitude comme vésicules.

Les fumées d'antozone ressemblent encore en cela, d'une manière frappante, aux brouillards, qu'elles ont même couleur orange, vues par transparence sous de grandes épaisseurs.

L'auteur discute ensuite les hypothèses, faites par de Saussure et d'autres grands météorologues, pour expliquer la formation des nuages ; il les met en contradiction avec les faits, et conclut par l'identité des brouillards et des nuages avec les fumées d'antozone.

Mais d'où cet antozone vient-il ? On a vu que l'oxydation lente ou rapide dédouble l'oxygène inactif en ozone et en antozone : le premier reste fixé, l'autre est repoussé dans l'atmosphère, chargé d'électricité positive ; cette électricité il l'abandonne à l'air. L'atmosphère doit donc être électrisée positivement et la terre négativement : ce qui est conforme à l'expérience.

Or les quantités d'oxygène combinées journellement sont énormes, et, par suite, les quantités d'antozone lancées dans l'atmosphère considérables. Toutes les matières végétales et animales qui se décomposent journellement sous l'influence simultanée de l'air, de la lumière, de la chaleur et de l'humidité, sont incalculables. Les 1000 millions d'hommes qui existent sur le globe usent en vingt-quatre heures 8000 millions de kilogr. d'oxygène, et une quantité équivalente d'antozone devient libre ; on voit quelles masses d'oxygène, dépassant toute imagination sont fixées journellement.

Ces masses d'oxygène sont cependant bien petites comparativement au volume de l'atmosphère ; mais il faut se rappeler que de petites quantités d'antozone produisent des fumées extrêmement épaisses : de l'oxygène renfermant à peine 1/400 de son poids d'antozone produit des fumées si abondantes, que sous quelques centimètres d'épaisseur elles sont opaques : l'opacité d'un nuage est petite et faible à côté de celle que produit une minime quantité d'antozone.

Ainsi les nuages sont des fumées d'antozone : l'expérience prouve que les nuages sont chargés d'électricité : celle d'un nuage peut être positive par rapport à un autre, et la décharge peut se faire : on en connaît les effets.

Quand la foudre tombe, on a toujours remarqué une odeur d'ozone, et dans beaucoup de cas une fumée épaisse qui n'est autre chose que la fumée d'antozone.

Ainsi, partant des fumées d'antozone, Meissner cherche à établir leur identité avec les nuages et les brouillards, et trouve dans l'antozone, et de là dans l'oxydation, la source de l'électricité atmosphérique ; et il fait remarquer l'importance du rôle de l'oxygène pour la distribution des eaux atmosphériques : dans tout autre gaz, les vapeurs à peine condensées, au lieu de rester suspendues et d'être portées au loin, retomberaient immédiatement sous forme de pluie à l'endroit même qui les aurait vues naître.

Il y a une objection grave à faire à ce système : à côté de ce grand travail d'oxydation, il y en a un autre précisément inverse : c'est le travail de réduction opéré par la végétation ; pour être conséquent il faut admettre que l'oxygène qui est rendu par les plantes est le même qui a servi à oxyder le carbone, c'est-à-dire l'ozone. Or, les recherches de M. Scoutetten prouvent que dans l'acte de la végétation il y a de l'ozone mis en liberté ; or si l'équilibre entre ces deux grands travaux existe, la quan-

Digitized by Google

tité d'ozone rendue par les plantes est égale à la quantité d'antozone produite par l'oxydation, et ces deux quantités doivent se neutraliser parfaitement.

Mais Meissner répond : Tout l'oxygène mis en liberté par les plantes n'est pas de l'ozone, il n'y en a que de faibles quantités ; de plus, les phénomènes d'oxydation et de réduction ne marchent pas parallèlement en été, l'oxydation et la réduction marchent de front ; mais en hiver et en automne, la végétation a cessé et l'oxydation continue son œuvre, plus lentement il est vrai, mais elle continue : on remarque en effet qu'en hiver et en automne les brouillards sont plus fréquents, et que ces brouillards présentent toujours une tension électrique positive.

*Caractères distinctifs de l'ozone et de l'antozone.*

| OZONE. | ANTOZONE. |
|---|---|
| Odeur caractéristique ; action sur les voies respiratoires, comme le chlore ; produit l'inflammation des muqueuses. | Odeur caractéristique ; produit une sensation de dégoût, et provoque même des vomissements. |
| Propriétés oxydantes énergiques : | Propriétés oxydantes énergiques ; |
| Oxyde et détruit les matières organiques : au contact du lait, de l'albumine, du bois, du charbon ; perd son odeur ; attaque les bouchons et les tubes de caoutchouc ; détruit l'acide pyrogallique : il se forme d'abord des matières brunes, puis il se transforme en eau et en acide carbonique. | N'est pas détruit au contact de ces matières. |
| Bleuit le papier de gaïac. | Ne bleuit pas. |
| Blanchit le tournesol et autres matières colorantes. | Blanchit le tournesol, l'indigo, etc., en présence de l'eau. |
| Transforme le protoxyde de Mn en $MnO^2$. Un papier imprégné de $MnOSO^3$ brunit dans ce gaz. | N'oxyde pas les sels de MnO ; au contraire, décolore le papier imprégné de $MnO^2$. |
| Décompose les iodures. | Ne les décompose qu'en présence du sulfate ferreux. |
| Transforme les sulfures en sulfates. | Pas d'indications. |
| Le ferrocyanure de potassium devient ferricyanure. | Pas d'indications. |
| N'oxyde pas l'eau, mais réduit l'eau oxygénée. | Oxyde l'eau et forme $HO^2$ ; fume à l'air humide. |
| *Mode de production de* O. | *Mode de production de* O +. |
| Acide sulfurique sur un permanganate. | Acide sulfurique sur $BaO^2$. Spath fluor de Weisendorf. Essence de térébenthine oxydée. |

Le mélange des deux est produit :
1° Par l'électrisation de l'oxygène.
2° Par la combustion lente du phosphore.
3° Par l'électrolyse de l'eau ; l'antozone reste dissous dans l'eau.

---

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE VERSAILLES.

## PHYSIQUE.

### CONFÉRENCE DE M. ACHILLE CAZIN.

#### Effets mécaniques de la chaleur.

On a regardé longtemps la chaleur comme une sorte de fluide, pouvant entrer dans les corps, ou en sortir, et l'on est encore assez généralement porté à chercher à côté du gain de chaleur que fait un corps une perte de chaleur subie par un corps voisin. Pour écarter tout à fait ces anciennes idées, prenons la chaleur qui part d'une source et suivons progressivement tous ses effets.

Voici deux tiges de charbon, entre lesquelles une force particulière, l'électricité voltaïque, développe un foyer de chaleur. De là part un ébranlement qui est communiqué à tous les corps voisins, et y produit les effets de la chaleur. Une pierre en tombant dans l'eau détermine un ébranlement analogue, qui se propage sous la forme d'une onde, circulaire à la surface, sphérique à l'intérieur, et dont le rayon s'agrandit progressivement : ici, c'est l'eau qui transmet l'ébranlement. Imaginons tout l'univers rempli d'une substance infiniment plus ténue et plus élastique que l'eau ; c'est ce milieu où se propagent les ondes calorifiques émanées de notre foyer.

Mais ce foyer envoie aussi de la lumière. Le phénomène est physiquement le même que le précédent. Quand nous entendons une musique lointaine, notre oreille est frappée par un grand nombre de sons à la fois. Ils sont dus à des ébranlements divers qui arrivent jusqu'à nous, et produisent les uns des sons aigus, les autres des sons graves. Il en est de même ici : parmi les ondes issues de cette source, les unes, en rencontrant nos yeux, y déterminent la sensation de la lumière ; les autres, frappant les organes du toucher, produisent la sensation de la chaleur. Il y a entre les ondes lumineuses et calorifiques le même rapport qu'entre les ondes sonores des sons aigus, et celles des sons graves.

Qu'arrive-t-il quand les ondes calorifiques rencontrent un corps ? Imaginons les corps formés de particules qui ne se touchent pas, et qui sont liées entre elles par certaines forces, dites moléculaires. Ces corps sont comme des éponges qu'imprègne la substance subtile et élastique qui propage la chaleur. Évidemment quand une onde les atteint, elle est modifiée, comme l'onde liquide qui heurte contre un obstacle. Une partie de la chaleur est réfléchie ; une partie peut traverser le corps ; le reste est absorbé ; et les mêmes effets ont lieu pour la lumière. Tout cela vous sera démontré dans l'expérience suivante :

La lumière et la chaleur de notre source sont réfléchies par un miroir, et leurs ondes vont se croiser en un point qu'on appelle foyer de réflexion : vous y voyez brûler le fulmicoton. Je vais maintenant ne laisser arriver au foyer que les ondes calorifiques, en interposant une solution d'iode dans le sulfure de carbone : au foyer obscur la combustion a lieu aussi facilement. M. Tyndall, qui a fait le premier cette expérience, a réussi à brûler des métaux de cette manière.

Vous devez être maintenant disposés à regarder la chaleur comme un mouvement communiqué, et nous pouvons passer aux effets de la chaleur absorbée par un corps. On peut, dès à présent, prévoir qu'ils seront ceux d'un ébranlement arrêté dans sa propagation, d'un véri-

Digitized by Google

table choc; mais nous nous bornerons dans cet entretien à constater les faits, sans analyser leur mécanisme.

*Premier effet.*—Le corps acquiert la propriété d'échauffer les corps voisins, lorsque ceux-ci sont dans des circonstances convenables; il est rendu apte à rayonner à son tour de la chaleur. Cette aptitude est appréciée à l'aide de l'action du corps sur le thermomètre; qui est essentiellement un appareil impressionnable par la chaleur, et le mot température désigne la manière d'être du corps par rapport au thermomètre. Le plus connu est le thermomètre à mercure, et l'on estime ordinairement le changement de température d'un corps par le nombre de degrés que parcourt le niveau du mercure dans cet instrument, lorsqu'il est en contact intime avec le corps. Mais on peut employer une foule d'autres moyens. Ainsi, pour rendre visibles de loin les changements de température, nous aurons recours à une pile thermo-électrique, et à un galvanomètre, dont les aiguilles entraînent un petit miroir, sur lequel est réfléchi un faisceau de lumière. La pile et le galvanomètre sont réunis par deux fils de métal isolés, et quand on chauffe une face de la pile, les aiguilles du galvanomètre sont déviées, la projection du faisceau lumineux sur le tableau est déplacée. Si nous approchons de la face de la pile, lorsque les aiguilles sont revenues à leur position ordinaire, un corps à la même température que cette face, il n'y a aucun effet produit. Si nous approchons de la même face un corps dont la température est plus basse, la déviation des aiguilles change de sens.

Lorsque la chaleur absorbée par un corps est employée à élever sa température, son action est lente et progressive. La répartition graduelle de la température constitue la conductibilité, et cette lenteur indique quelle part considérable les particules de la matière pondérable prennent au phénomène. Voici une tige de cuivre dont une extrémité est chauffée par l'un des charbons de l'arc voltaïque, tandis que l'autre porte un peu de fulmicoton. Il s'écoule un temps assez long avant que la combustion ait lieu; la température s'élève progressivement et lentement. Avec une tige de fer, il faudrait placer le fulmicoton plus près de l'extrémité chauffée et attendre plus longtemps. Avec certaines substances, telles que la porcelaine, la propagation serait encore plus lente.

Rarement la chaleur ne produit qu'une élévation de température. Il y a pourtant un cas où cet effet seul à lieu. Je le cite en ce moment; mais on ne peut comprendre la démonstration qu'après avoir étudié les autres effets de la chaleur. C'est le cas de l'échauffement d'un gaz contenu dans un réservoir clos, dont le volume est invariable. A mesure que la température de ce gaz s'élève, la pression qu'il exerce sur les parois du réservoir augmente; il ressemble à un ressort que l'on tend de plus en plus.

*Second effet.*—Depuis longtemps les physiciens ont reconnu que la fusion d'un corps solide et la vaporisation d'un liquide consomment beaucoup de chaleur, bien que la température ne change pas. Considérant par hypothèse la chaleur comme une sorte de matière, ils disaient que la chaleur était absorbée et devenait latente. Je vais vous montrer que la fusion et la vaporisation sont des effets mécaniques, qui font disparaître la chaleur, qui la consomment réellement, de même que dans une machine à élever les fardeaux, par exemple, l'élévation d'un poids consomme de la force.

Prenons la fusion. Un corps solide est un assemblage de particules, liées entre elles par des forces énergiques. Quand ces particules sont déplacées, une force extérieure agit nécessairement et surmonte la résistance des forces intérieures. Or, une résistance vaincue est un effet mécanique. S'il s'agit d'un poids soulevé, c'est l'action de la pesanteur qui est surmontée, et nous mesurons l'effet mécanique en multipliant le nombre de kilogrammes, qui représente le poids, par le nombre de mètres qu'il a parcourus dans son ascension. Le résultat de ce calcul s'appelle le *travail produit*. Ici, dans le corps solide qui fond, il se passe quelque chose d'analogue, et vous concevez qu'on puisse aussi calculer l'effet mécanique, ou, comme on dit, le *travail intérieur*. La chaleur est la force extérieure qui est mise en jeu, qui est dépensée. En réalité il y a transformation de mouvement; mais si nous nous bornons à l'exposition des faits, nous dirons simplement qu'il y a disparition de chaleur. On peut prouver par expérience cette disparition. Sur la face de la pile thermo-électrique je pose une lame mince de cuivre, une goutte d'eau sur cette lame, et dans cette goutte un fragment de potassium. Il y a incandescence vive; la déviation des aiguilles du galvanomètre indique un échauffement. Voilà donc une source de chaleur. Maintenant je mets au lieu d'eau sur la lame de métal un morceau de glace creusé; j'attends que les aiguilles du galvanomètre soient revenues à l'immobilité; je place dans la cavité de glace un fragment de potassium; il y a encore incandescence, mais les aiguilles restent immobiles et la pile ne reçoit plus de chaleur. Qu'est donc devenue la chaleur produite? Évidemment elle a été consommée par la fusion d'une certaine quantité de glace, et la température n'a pas changé.

L'ébullition d'un liquide dans un vase, ouvert à l'air, et posé sur le feu, se fait aussi sans changement de température. Si c'est de l'eau, le thermomètre à mercure marque à peu près 100 degrés, et la colonne mercurielle reste stationnaire. On montre aisément que de la chaleur est encore consommée dans cette opération, et qu'il y a effet mécanique intérieur produit. Mais ici la vaporisation est un phénomène plus complexe, dans lequel la chaleur peut encore jouer un autre rôle. Pour avoir un cas dans lequel la chaleur de vaporisation est totalement employée en travail mécanique intérieur, il faut concevoir que le liquide soit réduit en vapeur dans un vase clos, le volume et la température ne changeant pas.

Nous pouvons donc formuler le principe suivant :

Digitized by Google

*Quand la chaleur sert à surmonter la résistance des forces moléculaires, à produire un travail mécanique intérieur, il y a disparition de chaleur.*

Je ne puis faire entrer dans le cadre de cet entretien la démonstration du principe inverse; mais vous n'aurez pas de peine à l'accepter. Il s'applique au passage de l'état gazeux à l'état liquide, de l'état liquide à l'état solide. *Lorsque l'effet mécanique intérieur change de sens, il y a création de chaleur, là où il y avait précédemment disparition.*

Notre principe peut nous conduire à l'explication de faits nombreux.

Vous connaissez tous le mélange de sel et de glace, qui donne un abaissement considérable de température. Le sel est soluble dans l'eau; la présence de ce sel détermine la fusion de la glace; or, la fusion est un travail mécanique intérieur, qui consomme de la chaleur. Ici pas de foyer de chaleur; donc la chaleur sera prise aux corps voisins, à la masse entière du mélange, et cette disparition de chaleur sera accusée par l'abaissement de la température.

Voici dans ce ballon de verre une couche d'éther; je le pose sur la pile thermo-électrique. Je raréfie l'air avec la machine pneumatique. Le liquide est en ébullition ; chaque petite bulle d'air située dans le liquide, ou entre la paroi et le liquide, se sature de vapeur et vient en se gonflant crever à la surface. Cette vaporisation est encore un travail intérieur qui consomme de la chaleur, et comme il n'y a pas de foyer, ce sont les corps voisins, le liquide non vaporisé, qui perdent la chaleur nécessaire; aussi leur température s'abaisse, et les aiguilles du galvanomètre nous montrent cet effet. C'est le même phénomène qui se passe dans l'appareil industriel de M. Carré ; la vaporisation de l'ammoniaque liquide autour d'un cylindre plein d'eau amène la congélation de cette eau.

Les phénomènes de caléfaction nous offrent encore une application de notre principe. Une goutte d'eau placée sur une plaque d'argent chaude est environnée d'une couche de vapeur qui se renouvelle sans cesse, et empêche le contact de la plaque et du liquide. L'évaporation consomme la chaleur des corps voisins, et la goutte est moins chaude que l'eau bouillante.

Jusqu'à présent je n'ai considéré que le changement d'état du corps : il y a un autre effet mécanique intérieur qui accompagne en général les changements de température, et auquel notre principe s'applique également.

Habituellement le volume d'un corps solide ou liquide change avec la température. Le plus souvent il y a dilatation quand on échauffe; je dis le plus souvent, car l'eau, par exemple, que l'on échauffe de 0 à 4 degrés centigrades, se contracte. Ce qu'il y a de général dans tous les cas, et ce qui écarte l'idée d'anomalie, c'est que les particules des corps sont toujours écartées par l'action de la chaleur de leurs positions premières : les forces qui les lient ensemble sont surmontées; il y a travail intérieur produit et consommation de chaleur. Suivant la nature du corps, le déplacement des particules a lieu avec contraction ou dilatation. Dans le premier cas, il est évident que les particules tournent sur elles-mêmes, et que les forces qui les unissent n'agissent pas simplement suivant les droites qui joignent leurs centres ; on s'explique ainsi comment un poids donné d'eau occupe le même volume à 0 degré et à 8 degrés environ, bien qu'il y ait eu un travail intérieur produit dans le passage d'un état à l'autre.

Lorsque le refroidissement a lieu, d'après notre principe réciproque, les forces moléculaires replacent les corps dans leur état primitif. L'eau à 4 degrés, par exemple, se dilate en se refroidissant, c'est-à-dire qu'elle crée de la chaleur, qui passe dans les corps voisins. En plongeant deux gros thermomètres, l'un à alcool, l'autre à eau, dans un mélange de sel et de glace, nous verrons le niveau de l'alcool s'abaisser progressivement, tandis que celui de l'eau s'élèvera. L'alcool appartient à la classe des corps qui se dilatent toujours par l'échauffement.

Nous pouvons nous faire une idée de la grandeur du travail mécanique intérieur par l'énergie des forces moléculaires qui sont en jeu dans les changements de volume. Remplissez d'eau un tube de fer, fermez-le hermétiquement avec un bouchon à vis, et plongez-le dans un mélange de sel et de glace. L'eau, en se solidifiant, se dilatera et brisera le tube.

*Troisième effet.* — Nous arrivons à un troisième genre d'effets mécaniques de la chaleur, inconnu il y a une vingtaine d'années, et dont la connaissance commence seulement à se répandre. C'est peut-être le plus important au point de vue des applications de la chaleur. Car il est le principe de toutes les machines motrices, dans lesquelles la chaleur est employée. Tant qu'on l'a ignoré, on n'a eu qu'une idée fausse de ces machines, et de nombreuses tentatives industrielles ont échoué à cause de l'insuffisance de la théorie alors acceptée. Aujourd'hui encore, de courageux inventeurs perdent leur temps et leur fortune dans des entreprises chimériques, parce qu'ils ne se rendent pas exactement compte du mode d'action de la chaleur dans la production du travail par les machines à feu.

Lorsque nous ouvrons le robinet d'un réservoir qui contient de l'air comprimé, un jet de gaz s'élance dans l'atmosphère. Analysons ce phénomène. Dans le réservoir fermé, les particules de l'air pressent les parois; elles résistent, et l'équilibre de pression s'établit. Quand l'orifice s'ouvre, la résistance d'une portion de la paroi est remplacée par celle de l'atmosphère, laquelle n'est pas assez grande pour maintenir l'équilibre. Le gaz s'échappe en surmontant cette résistance : il y a un effet mécanique extérieur, ou, comme on dit, un travail extérieur produit. Étendons notre principe précédent au cas où la résistance vaincue est extérieure au corps,

Digitized by Google

au lieu d'être intérieure, nous dirons que de la chaleur doit disparaître. Mais il n'y a pas de foyer; la chaleur devra être prise aux corps voisins, à la masse gazeuse elle-même, et celle-ci perdant de la chaleur devra se refroidir. Je mets la face nue de la pile thermo-électrique dans le jet d'air, et les aiguilles du galvanomètre nous indiquent l'abaissement de température.

Ce qu'il importe de comprendre ici, c'est que le gaz se refroidit sans céder de la chaleur aux corps voisins; la chaleur qu'il perd est réellement anéantie comme chaleur. Voilà ce qui est nouveau dans la science. On n'imaginait pas autrefois que la chaleur pût faire autre chose que passer d'un corps dans un autre, en conservant son individualité. Aujourd'hui, on la regarde comme un mouvement capable de se transformr en un autre auquel on ne peut plus donner le même nom.

Quand un gaz est contenu dans un cylindre par un piston, et qu'un foyer de chaleur détermine l'élévation de la température en même temps que le déplacement du piston, de sorte que la pression reste constante, il y a encore un travail mécanique produit. On le mesure simplement en multipliant la force qui presse le piston par le chemin qu'il parcourt. Il y a alors une partie de la chaleur du foyer qui est consommée par cet effet mécanique, tandis que l'autre ne sert qu'à élever la température. Si le piston se meut assez rapidement pour que la température du gaz ne s'élève pas, et si la pression devient progressivement $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, etc., à mesure que le volume devient 2, 3, etc. (loi de Mariotte), la chaleur prise par le gaz au foyer est totalement consommée par le travail mécanique.

Nous avons énoncé plus haut le principe de la création de la chaleur par le travail mécanique intérieur. Changeons ce dernier mot, et nous devrons penser que, si *une force extérieure surmonte la résistance moléculaire d'un corps, ce corps doit produire de la chaleur*. C'est l'expérience du briquet à air que nous allons répéter en remplaçant, comme l'a fait M. Tyndall, l'amadou par de la vapeur de sulfure de carbone. Mais nous aurons une autre expérience plus frappante encore par le contraste qu'elle présente avec une des précédentes. Je présente à la pile thermo-électrique le robinet qui est adapté à une vessie pleine d'air, et je détermine un jet en la pressant avec les mains. Je surmonte par mon effort la résistance du gaz, et je crée de la chaleur. Les aiguilles du galvanomètre nous indiquent que le gaz est échauffé.

J'ai pris les gaz pour vous montrer les effets mécaniques extérieurs de la chaleur; et, en effet, ce sont les corps qui se prêtent le mieux à ce genre d'expérience. Les corps solides ou liquides sont habituellement au contact de l'atmosphère, et alors la résistance extérieure est peu considérable. Il faut les soumettre à des pressions énormes pour obtenir un travail mécanique extérieur notable, à cause de la petitesse de leurs changements de volume. Aussi les gaz ou les vapeurs, qui n'en diffèrent pas essentiellement, servent-ils d'agent dans les machines où la chaleur est employée à la production du travail mécanique.

Quand une machine à vapeur travaille, l'eau de la chaudière prend de la chaleur au foyer. Une partie de cette chaleur est employée à l'élévation de la température; une seconde partie est consommée par les effets mécaniques intérieurs : dilatation de l'eau, vaporisation; une troisième partie est consommée par les résistances passives et par le travail des outils. C'est cette dernière seulement que nous utilisons. Le reste est simplement redonné aux corps extérieurs par rayonnement, conductibilité, retour de la vapeur à l'état liquide, soit dans le condenseur, soit dans l'atmosphère. La machine est donc à la fois un appareil de chauffage et un outil. La meilleure est celle qui donne le moins de chaleur et le plus de force mécanique. Vouloir qu'une machine n'agisse pas comme calorifère et transforme en travail toute la chaleur qu'elle prend au foyer, est aussi absurde que vouloir le mouvement perpétuel. La théorie indique que, dans les circonstances ordinaires, la meilleure machine à vapeur ne peut utiliser pour la force motrice plus de $\frac{1}{8}$ environ de la chaleur fournie à la chaudière. Je ne parle pas ici des pertes de chaleur qui ont lieu dans le foyer. Les $\frac{7}{8}$ jouent simplement le rôle de la chaleur que transporte un calorifère.

La faiblesse de ce nombre tient essentiellement aux effets mécaniques intérieurs qui se passent dans l'eau. Vous comprendrez donc pourquoi l'on se tourne vers la machine à air chaud, dans laquelle on peut théoriquement utiliser la moitié de la chaleur prise au foyer, en ne chauffant pas l'air à plus de 300 degrés centigrades. Malheureusement les difficultés de construction retardent l'admission définitive de ce genre de moteur.

En France, la machine à air de M. Laubereau se recommande dès à présent pour la petite industrie, à cause de son excessive simplicité, comme vous pourrez en juger en voyant fonctionner un petit modèle que je mets sous vos yeux. Le principe de son mécanisme est le suivant : un réservoir plein d'air ordinaire est à côté d'un cylindre qui contient le piston moteur. Le sommet de ce réservoir est maintenu froid par un courant d'eau; le fonds est maintenu chaud par un foyer. Le mouvement du piston fait monter et descendre une masse de plâtre entre la paroi froide et la paroi chaude; quand elle est en haut, l'air s'échauffe et pousse le piston; quand elle est en bas, l'air se refroidit, l'atmosphère ramène le piston. Il suffit d'imprimer au volant une certaine vitesse initiale pour que le mouvement continue par l'effet de la chaleur du foyer.

En résumé, la chaleur absorbée par un corps peut servir à trois sortes d'effets : température, travail intérieur, travail extérieur. Les deux derniers sont de même nature, et présentent un rapport défini avec une certaine quantité de chaleur qui disparaît. Il est maintenant bien reconnu que la même quantité de chaleur disparue cor-

Digitized by Google

respond toujours à la même quantité de travail. La chaleur qu'il faut donner à 1 kilogramme d'eau pour l'élever de 0 degré à 1 degré centigrade correspond au travail de 425 kilogrammes environ, élevés à 1 mètre de hauteur. Ce nombre s'appelle *équivalent mécanique de la chaleur*.

Quoique cette esquisse soit bien incomplète, ne montre-t-elle pas un grand progrès accompli dans la connaissance des lois de la chaleur? Et ce n'est que le premier terme d'une corrélation générale, que la physique moderne cherche à établir entre tous les phénomènes naturels; cette corrélation doit embrasser la lumière, l'électricité, la chaleur, la gravitation. Un nouvel horizon se découvre : on passe de la molécule infiniment petite au système du monde; on cherche à se rendre compte de l'action calorifique du soleil, de son origine, de son rôle dans l'univers, depuis le glacier, dont l'eau fondue forme les fleuves, arrose les terres, se mêle à l'océan, en sort en nuage et retourne en neige à sa source, jusqu'à la plante qui, dépensant la chaleur, est comme le réservoir de la force destinée à reparaître dans l'animal. C'est ainsi que la nouvelle théorie trouve des applications dans toutes les branches des sciences naturelles. Elle est peut-être depuis Newton la plus grandiose qu'il ait été donné à l'homme de concevoir. Je ne puis vous citer les noms des nombreux savants français et étrangers qui s'illlustrent en développant cette admirable doctrine. Je dirai seulement, d'après une de nos autorités scientifiques (M. Verdet), qu'elle a été fondée de 1842 à 1849 par plusieurs savants qui, sans se connaître, ont suivi à peu près la même voie dans leurs recherches; que depuis lors elle a été exposée méthodiquement par d'autres savants, à l'aide de toutes les ressources de la science mathématique, et j'ajouterai qu'aujourd'hui ce qu'il y a de plus important peut-être est sa vulgarisation. Tel a été le but de cet entretien.

A. Cazin.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### XXVI.

**Le nerf moteur empoisonné par le curare perd ses propriétés du centre à la périphérie. Expériences inédites.**

Nous allons reprendre aujourd'hui le cours des études que nous avons déjà poursuivies dans le premier semestre, relativement à l'action du curare considérée, non pas exclusivement en elle-même, comme action d'une substance toxique déterminée, mais aussi et surtout comme nous fournissant, par ses effets tranchés et rapides, des moyens d'étude, et un instrument de dissection d'une nouvelle espèce pour mieux séparer les phénomènes physiologiques du système nerveux et en découvrir des conditions nouvelles.

Cette étude du curare nous a déjà conduit à déterminer quelques particularités intéressantes, par exemple l'existence de deux temps successifs dans l'absorption, ou, si l'on veut, de deux absorptions distinctes, l'une qui fait pénétrer les agents toxiques dans le sang, l'autre qui les fait passer du sang dans les milieux interstitiels en contact immédiat avec les éléments organiques qui doivent être frappés ou empoisonnés. Il ne suffit donc pas d'introduire un corps étranger dans le sang pour que les effets propres de ce corps se produisent; il faut encore qu'il ait passé dans les tissus par une seconde absorption, et ce deuxième phénomène exige, comme nous l'avons vu, pour s'accomplir, un temps très-appréciable.

Nous avons aussi expliqué d'une manière qui nous paraît très-plausible l'innocuité du curare dans le canal intestinal, innocuité si singulière, qui a donné lieu à tant de suppositions erronées.

Nous avons cherché à prouver que si le curare n'est pas toxique dans le canal intestinal, c'est que l'absorption s'y fait très-lentement, de sorte que l'élimination par les urines la compense à très-peu près exactement, de sorte qu'il n'y a jamais à la fois dans le sang une quantité de curare assez considérable pour que les effets toxiques puissent se manifester. Ce n'est point là, du reste, un phénomène particulier au curare, quoiqu'il soit plus prononcé pour lui que pour aucune autre substance; toutes les substances toxiques s'absorbent en général plus difficilement et plus lentement par le canal intestinal que dans le tissu cellulaire sous-cutané. Aussi est-il bien préférable, quand on veut étudier les effets d'une substance, de l'injecter sous la peau plutôt que de la faire prendre par l'estomac.

Mais le curare est caractérisé par cette propriété qui lui est spéciale, et que n'a présentée jusqu'ici aucun autre poison, de détruire les propriétés du système nerveux moteur en respectant les propriétés des muscles et celles des nerfs sensitifs. Les nerfs de la vie animale sont frappés les premiers; puis viennent les nerfs respirateurs, et enfin les nerfs de la vie organique, qui sont de tous les moins sensibles à l'action du curare. Les divers degrés de cette destruction progressive des propriétés des nerfs moteurs marquent les divers degrés du poison ou du médicament, car, dans une substance à la fois toxique et médicamenteuse, il n'y a pas deux propriétés distinctes, l'une qui serait mortelle, et l'autre qui serait salutaire; il n'y a qu'une seule et même action, mais cette action a une intensité variable, suivant la dose qui est administrée. Lorsque l'action est intense, elle est toxique; lorsqu'elle est faible, elle devient simplement médicamenteuse.

Le curare, qui est un poison violent à dose élevée, peut

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22, 23 et 24.

Digitized by Google

donc être utile en médecine comme médicament, à condition de l'employer à doses faibles. On l'a effectivement essayé dans un certain nombre de maladies, par exemple dans le tétanos et dans l'épilepsie. On a quelquefois réussi, et quelquefois aussi on n'a obtenu aucun succès. Mais il ne faut pas s'étonner de ces variations dans les résultats. C'est le cas de presque tous les médicaments qui commencent seulement à être employés et dont l'administration n'est pas encore réglée, ni quant à la dose, ni quant aux cas dans lesquels il convient spécialement de les administrer.

Les effets thérapeutiques du curare sont restés jusqu'ici dans le vague, précisément parce qu'on ne le connaît pas encore assez dans ses effets gradués. On l'a du reste essayé dans le traitement de maladies très-différentes les unes des autres, telles que le tétanos et l'épilepsie, et même dans un cas d'hydrophobie, mais sans succès.

Lorsque l'on aura mieux pénétré les propriétés physiologiques de ce corps, on pourra marcher beaucoup plus sûrement, parce qu'on aura dans les effets physiologiques au moins une indication qui servira de guide pour l'application aux phénomènes pathologiques. Ce n'est pas à dire qu'il suffise d'observer des faits sur les animaux pour en tirer des conclusions certaines quant à la médecine humaine, mais toujours est-il qu'il y a de grandes ressemblances entre l'organisation de l'homme et celle des animaux supérieurs ; et il est impossible de nier que l'expérimentation ne soit utile à la physiologie, ni que la physiologie ne soit utile à la médecine.

Ainsi, nous poursuivons dans cet enseignement un double but : d'abord la connaissance des propriétés physiologiques du curare, puis son emploi dans la thérapeutique de l'homme ou des animaux, qui en découlera.

Cette dernière partie de notre tâche est pleine de difficultés toutes particulières et de natures très-diverses : le mystère qui entoure encore l'origine de cette substance, et par suite la difficulté de se la procurer à volonté, puis ses variations de force et l'impossibilité presque absolue d'en faire un dosage tout à fait sûr.

Pour éviter ce dernier inconvénient, il était à désirer qu'on parvînt à extraire du curare un principe actif jouissant de toutes les propriétés de cette substance, mais défini, cristallisable, et, par suite, susceptible d'un dosage rigoureux. Ce problème, plusieurs fois tenté sans succès, vient enfin d'être résolu d'une manière satisfaisante par M. Preyer, qui s'est spécialement occupé de cette question à notre prière, dans notre laboratoire du collége de France. Nous exposerons dans notre prochaine leçon la série d'opérations à la suite desquelles M. Preyer est parvenu à extraire la curarine, soit à l'état isolé, soit à l'état de combinaison saline.

Aujourd'hui nous devons rendre compte de quelques expériences nouvelles que nous avons faites pendant l'interruption du cours, expériences qui précisent mieux cette idée de l'unité d'action d'une substance toxique et médicamenteuse, et qui montreront qu'il y a au fond identité entre les effets salutaires ou funestes d'une substance, la différence dépendant simplement de la dose qui est employée, et par conséquent de l'intensité différente du même effet. Nous verrons de plus que dans leur essence les actions pathologiques ou toxiques ne sont que des actions physiologiques à des degrés divers. Aussi la physiologie doit-elle être la base de toutes les sciences médicales, puisqu'en définitive elle correspond au jeu régulier des organes, dont la médecine observe et explique les perturbations en cherchant en même temps le moyen de les combattre.

Nous avons établi, comme vous vous le rappelez, que lorsqu'on donne à un animal une dose toxique exagérée de curare, les nerfs moteurs perdent immédiatement leurs propriétés à l'excitation électrique, les autres éléments restant intacts et irritables pendant un certain temps, et ne périssant ensuite que par défaut de respiration et d'une manière purement physiologique, c'est-à-dire qui est étrangère au poison et dépend de l'asphyxie. Mais nous avons vu aussi que si la dose de curare est assez faible, bien que suffisante pour amener la mort, il en résulte un empoisonnement qui est long à se produire et à se propager. Les nerfs moteurs conservent alors leurs propriétés pendant un certain temps, et ils sont encore irritables par l'électricité, bien que l'animal soit déjà paralysé.

Comment s'expliquer l'action du curare dans ce cas? Le curare ne produit son action qu'à la condition de toucher l'extrémité périphérique du nerf moteur. Comment se faisait-il donc que le nerf moteur pût rester encore irritable par l'électricité, tandis que l'influence volontaire ou réflexe n'avait plus aucune action sur lui, puisque l'animal était paralysé? Voilà ce qui restait à expliquer.

On aurait pu supposer que l'irritabilité du nerf à l'électricité, quoique conservée, avait cependant été atteinte dans son intensité, ce qui aurait expliqué la paralysie en admettant que l'irritabilité nerveuse n'était plus assez intense pour être mise en jeu par l'action volontaire ; mais cette supposition est inadmissible, ainsi qu'on va le voir. Nous avons soumis des nerfs moteurs, au moment où ils se paralysaient, à l'action de courants électriques très-faibles, et nous avons obtenu des contractions absolument comme si l'animal n'avait aucunement subi l'action du curare. Ce poison, au moment où il commence à agir, n'avait donc pas diminué sensiblement l'irritabilité par l'excitant électrique, dans le tronc ou dans l'extrémité périphérique du nerf moteur.

On ne pouvait donc, par conséquent, plus admettre que l'animal était paralysé parce que le nerf moteur ne pouvait plus agir sur le muscle, car en excitant le nerf dans son tronc il agissait toujours et avec autant d'énergie qu'à l'état normal sur le muscle, ce qui prouvait bien que l'extrémité périphérique du nerf moteur était saine, c'est-à-dire avait conservé sa propriété conduc-

Digitized by Google

trice de l'influence nerveuse du nerf moteur sur le muscle.

Nous savons qu'on avait émis l'hypothèse que le curare détruisait la propriété de la plaque nerveuse, espèce d'organe intermédiaire entre le nerf et le muscle, mais que le tronc du nerf restait intact et non altéré dans ses propriétés. De sorte que, si l'animal était paralysé, ce n'était pas parce que la volonté n'agissait plus sur le nerf moteur, mais parce que le nerf moteur ne pouvait plus agir sur le muscle. On avait été conduit à penser que la plaque nerveuse de l'extrémité périphérique du nerf moteur était seule détruite, parce qu'il faut que ce poison touche l'extrémité périphérique du nerf moteur pour produire son action toxique paralysante, tandis qu'un nerf moteur ou une racine rachidienne antérieure baignée par du sang curaré à son centre et dans toute sa longueur, sauf l'extrémité, conserve parfaitement toutes ses propriétés. D'un autre côté, on avait constaté que chez un animal empoisonné par le curare les courants électrotoniques découverts par M. du Bois-Reymond persistaient encore dans les nerfs d'un animal empoisonné par le curare, bien que les phénomènes physiologiques de contractions musculaires qui accompagnent l'excitation électrique des nerfs ne se produisissent plus.

Les expériences que nous venons de faire ont jeté sur cette question un jour tout nouveau.

Sans doute il faut que le curare touche l'extrémité périphérique du nerf moteur pour l'empoisonner; mais ce n'est point par cette extrémité que le nerf moteur perd d'abord ses propriétés, c'est-à-dire commence à mourir.

L'empoisonnement par le curare ne fait que produire la mort naturelle du nerf moteur, et, bien qu'il soit empoisonné par l'extrémité périphérique, c'est par l'extrémité centrale ou médullaire qu'il commence à mourir, comme cela a lieu dans la mort par hémorrhagie, par exemple.

Ce qui disparaît en premier lieu, dans l'empoisonnement par le curare, c'est l'action réflexe et l'action volontaire, parce que, à ce moment, les nerfs volontaires et de sensibilité ne peuvent plus agir dans la moelle sur le nerf moteur. En effet, dans l'état normal les nerfs moteurs sont accrochés dans la moelle aux nerfs volontaires et aux nerfs sensitifs qui agissent sur eux par action directe ou par action réflexe. Or, le premier effet du curare c'est de décrocher le nerf moteur des nerfs sensitifs et volontaires. Mais cependant les nerfs sensitifs ont conservé leurs propriétés intactes, car le nerf sensitif, qui ne peut plus agir sur le nerf moteur curaré pour produire un mouvement réflexe, agit très-bien sur un autre nerf moteur voisin qui n'est pas encore atteint par le poison ou qui a été préservé de son atteinte par la ligature de l'artère d'un membre.

Ainsi tous ces phénomènes de la mort du nerf moteur par le curare ne sont que l'application d'une loi physiologique. La loi physiologique c'est que le nerf moteur commence à mourir par son extrémité médullaire, et le nerf sensitif par son extrémité périphérique. L'empoisonnement par le curare n'agit que sur le nerf moteur, mais il ne fait que hâter la mort naturelle de ce nerf moteur, et il produit la mort physiologique du nerf comme la produirait le défaut de sang, par exemple. Or, puisque c'est l'extrémité centrale intramédullaire qui périt d'abord, il est naturel que dès ce moment l'influence volontaire ne puisse plus se transmettre aux muscles. Puis la mort atteint la racine antérieure, ensuite le tronc, et progressivement tout le nerf jusqu'à l'extrémité périphérique elle-même qui perd ses propriétés. Dès lors il n'est plus étonnant que, lorsque l'animal tombe paralysé, le tronc des nerfs moteurs puisse encore être irritable par l'influence électrique.

Ces interprétations nouvelles ne changent donc pas les faits, elles les expliquent. Le curare est toujours obligé de toucher l'extrémité périphérique du nerf moteur pour que l'empoisonnement se produise; et c'est là ce qui reste encore le point culminant de la question. C'est là que se réfugie l'action mystérieuse du curare; c'est là qu'il faut l'attaquer, car tout le reste s'explique physiologiquement. Sans doute il se produit là, à l'extrémité nerveuse périphérique, une action physico-chimique particulière; mais que pourrait être cette action? On n'en sait absolument rien.

Mais, — à part ce dernier point qui reste réservé, — les faits s'expliquent maintenant très-facilement. Quand l'animal tombe paralysé par le curare, le nerf moteur se *décroche*, en quelque sorte, de la moelle épinière; puis l'action se propage jusqu'à l'extrémité périphérique du nerf moteur. Si l'on entretient la vie à l'aide de la respiration artificielle, le nerf continue d'abord à s'empoisonner plus ou moins complétement, quoique le sang circule rouge dans les artères; ce n'est que plus tard que les propriétés du nerf moteur peuvent renaître, et alors elles réapparaissent en sens inverse de leur disparition, c'est-à-dire en commençant à revenir par l'extrémité périphérique pour arriver à l'extrémité centrale ou médullaire; et c'est ainsi que le nerf moteur finit par se raccrocher à la moelle : la paralysie cesse alors, et l'animal peut se relever.

L'action du curare est donc une véritable action toxique qui se produit et disparaît d'après les lois physiologiques du nerf moteur. Nous tenons donc maintenant le phénomène entier, et nous avons poussé nos recherches dans ce sens aussi loin que possible. Il ne resterait plus qu'à se rendre compte de la cause qui fait que le curare, en touchant l'extrémité périphérique du nerf, détermine sa mort physiologique en respectant complétement la vie du nerf sensitif, ce qui différencie physiologiquement les deux ordres de nerfs de la manière la plus complète. Nous arriverons sans doute un jour à cette explication; au moins il n'y a rien là qui

Digitized by Google

nous semble insurmontable, puisque nous avons bien nettement circonscrit le problème.

Reste maintenant la persistance des propriétés électrotoniques des nerfs après l'empoisonnement complet par le curare et la disparition de l'excitabilité du nerf moteur à l'électricité. Aujourd'hui que la difficulté sur la réalité de la mort physiologique du nerf est levée par nos nouvelles expériences, nous pouvons dire qu'on avait attaché à cette circonstance une importance qu'elle n'a peut-être pas. Les propriétés électrotoniques des nerfs ont été déterminées avec beaucoup de soin et d'exactitude par MM. Pelikan, Funke et autres. C'est là sans doute une expérience fort intéressante. Mais si la propriété électrotonique a été constatée dans un tronc nerveux, on pourrait objecter qu'elle tenait à l'intégrité du nerf sensitif, mais qu'elle ne prouvait pas que le nerf moteur fût intact. C'est donc sur la racine antérieure qu'il faudra faire l'expérience, ainsi que nous en avons l'intention; et si alors nous trouvons que la racine rachidienne antérieure a conservé sa propriété électrotonique, lorsqu'elle ne réagit plus pour produire de contraction musculaire, nous en conclurons, ce qui ne me répugne nullement, quant à moi, que la persistance de l'état électrotonique peut se rencontrer dans un nerf paralysé physiologiquement.

Or, la concomitance habituelle des phénomènes physico-chimiques et des phénomènes physiologiques ou vitaux des tissus ne doit pas nous égarer; cela peut être une simple concomitance et non une relation de cause à effet. Lorsqu'on voit deux phénomènes qui s'accompagnent, on est malheureusement toujours tenté d'en conclure trop vite que l'un est la cause de l'autre.

La conclusion générale que nous voulons tirer de ces études, c'est que le curare produit au fond une action ou plutôt une mort purement physiologique sur les nerfs moteurs. Le poison hâte la mort physiologique; les autres poisons doivent rentrer dans la même loi générale, et j'ai déjà des faits analogues pour les poisons musculaires. Nous pouvons donc ainsi rattacher les actions toxiques aux actions physiologiques et prouver une fois de plus ce qui est l'objet de nos constants efforts, a savoir, que la physiologie est la base à laquelle il faut ramener, pour les expliquer toutes, les actions modificatrices qui se passent dans le corps vivant, à l'état sain et à l'état pathologique.

## XXVII.

### Extraction de la curarine.

Dans la dernière séance nous avons résumé les principaux résultats que nous a fournis l'étude du curare pendant le premier semestre. Nous vous avons en outre communiqué de nouvelles expériences que nous venons de faire.

L'étude du curare en est arrivée maintenant à un point qui nous permettra bientôt peut-être d'atteindre la propriété intime de cette substance comme médicament et comme poison. Nous aurons alors atteint la limite du problème essentiel de la médecine, l'action interne des médicaments. Mais nous sommes déjà conduit vers cette conclusion générale immense que nous exprimions en terminant la dernière leçon, à savoir, que l'action des poisons n'est au fond qu'une action physiologique exagérée, activée, ou peut-être diminuée.

Pour ne parler que du curare, nous savons maintenant qu'une fois que le curare a vicié le sang qui touche le nerf par la périphérie musculaire, ce nerf meurt en commençant par l'extrémité centrale, et tout se passe alors comme si l'on avait opéré à la périphérie du nerf la soustraction du sang, qui entraîne l'arrêt de la nutrition.

Nous aurons occasion, ainsi que je vous l'ai dit, de constater que la même loi se vérifie pour les poisons musculaires. En effet, ces poisons font passer plus vite les fibres musculaires à l'état de rigidité cadavérique, état qui se manifeste également d'une manière toute physiologique après la mort produite par simple soustraction du sang et arrêt de la nutrition.

Nous allons traiter aujourd'hui le sujet que nous devions aborder dès le début des leçons de ce semestre, à savoir, l'extraction du principe actif du curare ou curarine.

On aurait pu supposer que le curare contenait plusieurs principes toxiques différents, car, bien que sa fabrication ne fût point parfaitement connue, on savait cependant qu'il y entrait un assez grand nombre de plantes différentes. Mais parmi ces plantes une était surtout signalée comme formant la partie essentielle de la préparation, c'était le *Strychnos toxifera*. Mais dans du curare que nous avait donné M. le docteur Roth, nous avons trouvé un fruit, que nous avons prié notre savant confrère M. Tulasne de vouloir bien déterminer. C'était un fruit du *Paullinia cururu*. M. Tulasne a bien voulu nous remettre quelques fruits de ce *Paullinia cururu*; et ces fruits, traités par l'eau acidulée avec l'acide chlorhydrique, ont fourni une très-petite quantité d'extrait acide qu'on a saturé et avec laquelle nous avons empoisonné trois grenouilles. A l'autopsie, ces grenouilles ont présenté tous les caractères des grenouilles empoisonnées par le curare, c'est-à-dire la mort des nerfs moteurs. Malheureusement, le défaut de matière ne nous a pas permis de poursuivre ces expériences, afin de voir si les nerfs sensitifs étaient restés intacts. Mais nous les reprendrons dès que nous aurons pu obtenir de nouveaux fruits de *Paullinia cururu*.

Revenons maintenant à l'extraction de la curarine. Voici comment procède M. Preyer dans cette opération.

Après avoir convenablement desséché le curare, il le pulvérise dans un mortier; ou, s'il est trop résineux pour se prêter à cette manipulation, il le réduit en frag-

Digitized by Google

ments aussi petits que possible ; puis il l'humecte avec quelques gouttes d'une solution très-concentrée de carbonate de soude. Il traite ensuite cette poudre pendant un jour entier par l'alcool absolu bouillant, et, pour éviter que cet alcool ne se volatilise et ne s'affaiblisse, on met le ballon où se fait l'opération en communication avec un réfrigérant qui condense les vapeurs alcooliques au fur et à mesure de leur formation et les ramène dans le ballon. Un long tube droit suffit quelquefois pour cela.

Il se forme ainsi une solution alcoolique très-fortement colorée, qui contient à la fois la curarine et des matières gommeuses. Après l'avoir filtrée pour l'obtenir bien limpide, on la concentre le plus qu'on peut par évaporation ou par distillation. Le résidu est ensuite repris par l'eau distillée, qui redissout la curarine, mais non les matières résineuses, qu'on sépare par filtration, en lavant le résidu sur le filtre avec de l'eau distillée bouillante, jusqu'à ce que cette eau reste complétement incolore après avoir traversé le filtre, et ne laisse aucune tache à l'évaporation sur une lame métallique.

On a ainsi une dissolution aqueuse de curarine, encore impure sans doute, mais déjà beaucoup moins colorée. On peut précipiter la curarine de cette dissolution par plusieurs réactifs, par exemple par l'acide tannique, comme le faisait M. Boussingault, par le bichlorure de platine, par le bichlorure de mercure, etc. M. Preyer préfère la précipiter d'abord par le bichlorure de mercure. Ce précipité, préalablement séparé, est placé sur un filtre et lavé avec de l'eau froide; puis il est mis en suspension dans une très-petite quantité d'eau distillée, au milieu de laquelle on fait arriver un courant d'acide sulfhydrique pendant douze heures au moins (un précipité volumineux exigerait vingt-quatre heures).

Puis on filtre une seconde fois. Il reste sur le filtre du sulfure de mercure qu'il faut laver soigneusement avec de l'eau distillée. Le liquide qui filtre contient en dissolution du chlorhydrate de curarine et de l'hydrogène sulfuré.

Celui-ci est bientôt chassé par une chaleur modérée (concentration du liquide sur le bain-marie).

Après avoir filtré encore une fois, on peut précipiter la curarine par le bichlorure de platine. Le précipité est jaunâtre, cristallisable et peut être lavé par l'eau, l'alcool et l'éther. On le décompose par l'hydrogène sulfuré, et l'on répète toute l'opération deux ou trois fois, jusqu'à ce que le liquide filtré, c'est-à-dire la solution aqueuse de chlorhydrate de curarine, soit incolore. En évaporant ce liquide dans le vide, on trouve le résidu cristallisé en prismes quadrilatéraux, très-amers, éminemment toxiques et devenant bruns à l'air. S'il y a de l'humidité, les cristaux fondent en se brunissant dans l'eau qu'ils ont attirée. Cependant il faut remarquer que, lorsqu'ils sont dans un état de pureté absolue, la curarine et le chlorhydrate de curarine cristallisés ne sont pas très-hygroscopiques. Il paraît qu'une trace d'une substance particulière, colorée et à réaction basique, contenue dans le curare, suffit pour attirer l'eau. Le chlorhydrate de curarine cristallisé, lorsqu'on le traite par du carbonate de potasse pur, après son évaporation dans le vide et l'extrait par le chloroforme, donne la curarine pure cristallisée, incolore et pas très-hygroscopique à l'état de pureté ; seulement cet alcaloïde se brunit à l'air.

La deuxième méthode employée par M. Preyer, pour obtenir la curarine à l'état cristallisé est plus simple que la première. Après avoir, comme on l'a vu plus haut, extrait du curare les substances gommeuses (qui ne se dissolvent pas dans l'alcool absolu) et résineuses (insolubles dans l'eau), on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique et puis on précipite par l'acide phosphomolybdénique (1). Le précipité est lavé par l'eau et chauffé au bain-marie avec du carbonate de baryte, qui en dégage la curarine et forme lui-même des sels insolubles. Après l'évaporation à siccité, la masse, réduite en poudre fine, est extraite par l'alcool absolu. Celui-ci filtré, d'une couleur faiblement verte ou jaunâtre, ne contient plus que la curarine et une substance verte en petite quantité. En ajoutant au liquide alcoolique filtré de l'éther anhydre, la curarine se précipite en flocons blancs qui se colorent immédiatement à l'air, se transformant s'il y a de l'humidité, en gouttes brunes, huileuses et extrêmement amères. Cependant on peut filtrer les flocons, les dissoudre dans quelques gouttes d'eau, évaporer celle-ci dans le vide, et traiter la matière brune qui reste par le chloroforme qui, s'il n'y a pas traces d'eau, ne dissout pas la substance colorante, mais dissout un peu la curarine. Il est vrai que celle-ci est beaucoup plus soluble dans l'eau, l'alcool ordinaire et l'alcool absolu ; mais jamais M. Preyer n'a obtenu des cristaux d'une solution alcoolique, et il n'en a obtenu qu'une fois seulement d'une solution aqueuse. Généralement, après l'évaporation de l'alcool et de l'eau sous la cloche de la machine pneumatique, la curarine se trouve à l'état amorphe. C'est alors une substance cornée, très-hygroscopique. Les sels cristallisent très-bien dans les solutions aqueuses. La presque impossibilité de faire l'analyse élémentaire de la curarine pure ou d'un de ses sels solubles, qui se décomposent lorsqu'on les sèche à une température même peu élevée ou qu'on les expose à à l'air, a forcé M. Preyer à analyser le chloroplatinate. Une analyse a fourni la formule empirique suivante :

$$C^{10}H^{15}N\ Pt\ Cl^2.$$

Mais comme il est sans analogie qu'un alcaloïde végétal se combine tout simplement avec le bichlorure de

(1) On prépare cette substance en précipitant le molybdate d'ammoniaque par le triphosphate de soude. Le précipité est mis en suspension dans l'eau, chauffé avec du carbonate de soude, qui le dissout, évaporé, calciné d'abord seul, et ensuite avec de l'acide azotique s'il y a réduction de molybdène. Le sel, jaune et sec, est dissous dans de l'acide nitrique dilué.

Digitized by Google

platine sans acide chlorhydrique, M. Preyer n'ose pas encore assigner positivement à la curarine la formule $C^{10}H^{15}N$. — L'absence d'oxygène dans la curarine explique pourquoi cette substance brunit à l'air.

Les cristaux de chlorhydrate de curarine sont extrêmement avides d'eau, et par suite très-difficiles à conserver; la curarine est un peu moins déliquescente, bien qu'elle le soit encore beaucoup. Il serait donc très-difficile de conserver la curarine ou ses sels en cristaux, comme on fait pour la strychnine; mais on pourra toujours avoir une solution de chlorhydrate de curarine parfaitement titrée, et il sera dès lors facile de la doser exactement et de la retirer identique de tous les curares. La question la plus importante au point de vue de la thérapeutique se trouve donc ainsi résolue.

Les expériences de M. Preyer l'ont conduit à cette idée, que l'alcali du curare jouirait peut-être d'une certaine volatilité. En effet, il a éprouvé plusieurs fois, en manipulant le curare, des affaiblissements musculaires considérables, avec chaleur et accumulation du sang dans la tête, et en quelque sorte des anéantissements qui le forçaient à interrompre son travail.

Cela concorderait avec les récits rapportés par de La Condamine et par d'autres, relativement à la fabrication du curare, récits d'après lesquels une vieille femme, chargée de remuer l'extrait de curare pendant la cuisson, devait mourir sous l'influence des émanations toxiques du curare et fournir par là la preuve que le poison était de bonne qualité. Mais ces faits rapportés par de simples ouï-dire ont été contestés, et nous vous avons déjà exposé ici les expériences de Fontana, qui semblent bien établir l'innocuité des vapeurs provenant de l'ébullition ou de l'incinération du curare. Peut-être y aurait-il dans les expériences de Fontana une cause d'erreur à laquelle on n'a point songé jusqu'ici, c'est qu'il jetait la poudre de curare sur des charbons allumés: il se pourrait que la chaleur détruisît le principe actif du curare, comme la nicotine contenue dans le tabac est détruite par la combustion de celui-ci, car la fumée du tabac n'est pas toxique comme le serait le tabac lui-même.

Ce serait peut-être là une question qui appellerait de nouvelles études, et il faudrait chercher si par hasard, le principe du curare étant volatil, les substances qu'on ajoute dans sa fabrication n'auraient point pour effet de le rendre plus fixe dans le mélange où il se trouve incorporé.

Avant de poursuivre nos études physiologiques sur la curarine, il faut d'abord démontrer que les effets produits par cette substance sont bien les mêmes que ceux du curare. Une expérience comparative très-simple va nous permettre d'établir ce point, une fois pour toutes, afin de n'avoir plus à y revenir.

Voici trois grenouilles que nous empoisonnons, l'une avec de la curarine, l'autre avec du chlorhydrate de curarine, et la troisième avec du curare. Les deux premières grenouilles sont paralysées bien plus vite que la troisième; mais les symptômes et les effets toxiques sont tout à fait les mêmes, et, en faisant l'autopsie, nous constatons que chez toutes trois également les nerfs moteurs ont perdu leurs propriétés, tandis que les muscles sont encore irritables.

Il reste à étudier une question fort intéressante, celle de l'absorption de la curarine, et surtout du chlorhydrate de curarine dans le canal intestinal.

D'après une expérience que nous avons déjà faite, nous sommes autorisé à croire que la curarine et ses sels se comporteront sans doute comme le curare dans le canal intestinal, c'est-à-dire que l'absorption sera trop lente pour que les effets toxiques se produisent; mais peut-être aussi qu'en augmentant les doses, on aura une absorption assez notable.

M. Pelikan a déjà fait des essais comparatifs analogues sur l'extrait alcoolique de noix vomique et le chlorhydrate de strychnine; et il a constaté que le sel de strychnine était bien plus facilement absorbable que l'extrait de noix vomique dans le canal intestinal. En sera-t-il de même pour la curarine comparée au curare? C'est ce qu'il nous reste à examiner.

Nous voilà, en quelque sorte, préparés et armés pour aborder l'étude thérapeutique du curare, et la recherche de ses emplois possibles en médecine. Mais nous devons d'abord nous mettre au courant des divers essais qui ont déjà été faits dans cette voie, en vous indiquant les expériences et les théories imaginées pour expliquer les essais thérapeutiques qu'on a déjà tentés. Ce sera l'objet des leçons suivantes.

---

## AVIS.

Les abonnés de *six mois* dont l'époque de renouvellement coïncide avec le présent numéro, et qui désirent, à cette occasion, changer les conditions de leur souscription et profiter des avantages que leur présentent, soit l'abonnement d'un an (juin 1865 à juin 1866), soit la souscription aux deux *Revues des cours littéraires et scientifiques*, sont priés d'avertir immédiatement M. Germer Baillière en lui envoyant un mandat sur la poste ou des timbres-poste.

Les abonnés qui d'ici au 31 mai n'auront fait parvenir aucun avis recevront, par l'entremise des porteurs, soit à Paris, soit dans les départements, une quittance analogue à celle qui leur a déjà été remise lors de leur première souscription.

Ceux de nos lecteurs qui, ayant les numéros de la *Revue* depuis le 1er décembre dernier, désirent les faire brocher en un demi-volume, sont priés de les adresser *franco* au bureau de la *Revue*, en y joignant 1 franc en timbres-poste, prix du brochage et du retour du volume.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 27. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 3 JUIN 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie.** — Cours de **M. Berthelot** : Du rôle de la chaleur dans les combinaisons organiques.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie** (Zoophytes). — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : VII. Organisation générale des Zoophytes.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XXVIII. De la curarine et de son emploi comme médicament.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie.** — Cours de **M. Vulpian** : Le cerveau; son rôle dans les phénomènes de la sensibilité, de la volonté, de l'intelligence et des instincts.

Paris, 2 juin 1865.

La communication la plus importante présentée lundi dernier, à l'Académie des sciences, est un mémoire de M. Pasteur sur les dépôts qui se forment dans les vins, la conservation de ce précieux produit industriel, et les maladies auxquelles il est exposé.

M. Charles Sainte-Claire Deville a résumé les points les plus importants d'une nouvelle lettre que M. Fouquié vient de lui adresser relativement à la dernière éruption de l'Etna.

M. Clausius a été élu correspondant dans la section de mécanique.

Enfin, l'Académie a présenté deux candidats pour la chaire de zoologie (Annélides, Mollusques et Zoophytes) laissée vacante au Muséum d'histoire naturelle par le décès de M. Valenciennes. M. Lacaze-Duthiers, ancien professeur à la faculté des sciences de Lille, et aujourd'hui maître de conférences à l'École normale supérieure, a été présenté comme premier candidat, à l'unanimité des suffrages moins deux voix. Le second candidat est M. Louis Rousseau, naturaliste voyageur, aide-naturaliste au Muséum. M. Lacaze-Duthiers a également été présenté en première ligne, à l'unanimité des suffrages, par les professeurs du Muséum d'histoire naturelle, et nos lecteurs savent que déjà, cette année, il suppléait M. Valenciennes avec le plus grand succès.

ÉMILE ALGLAVE.

### COLLÉGE DE FRANCE.

### CHIMIE ORGANIQUE.

COURS DE M. BERTHELOT (1).
(DEUXIÈME SEMESTRE.)

**Du rôle de la chaleur dans la formation des combinaisons organiques.**

I, II, III.

NOTIONS GÉNÉRALES. — INSTRUMENTS DE MESURE.

Dans la première partie du cours, on a développé l'histoire des éthers, des hydrogènes carbonés, des alcools, et l'on a indiqué sommairement les principaux composés qui en dérivent.

On envisagera maintenant la formation des matières organiques à un point de vue plus général : on s'occupera du rôle de la chaleur dans les combinaisons chimiques, en d'autres termes, on cherchera a apprécier le travail nécessaire pour former les corps organiques.

Les réactions chimiques sont produites par certaines forces, appelées *affinités*, avec le concours de la chaleur, de la lumière, de l'électricité et de divers autres agents. — Ces forces exécutent certains travaux qui peuvent être mesurés par une étude convenable des phénomènes

(1) Voy. pour le cours du premier semestre les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.



Digitized by Google

physiques et mécaniques qui en sont les conséquences immédiates et dont le plus important est caractérisé par un dégagement ou une absorption de chaleur.

En un mot, on peut chercher quelles sont les conditions mécaniques qui président aux combinaisons de la chimie organique. Tel est le problème général que nous nous proposons de traiter. Mais comme c'est là un problème difficile, qui n'a pas même encore été abordé dans un cours, si l'on fait quelques erreurs, s'il reste quelque obscurité sur certains points, on réclamera toute votre bienveillance en raison de la difficulté du sujet.

Comment peut-on mesurer le travail produit dans une combinaison organique? Voici du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène : par des méthodes très-variées, on peut combiner ces trois corps et obtenir une multitude de composés organiques, par exemple les carbures d'hydrogène, les alcools et leurs dérivés, ce qui donne lieu à des corps extrêmement variés, les uns liquides, d'autres gazeux, d'autres solides; en un mot, jouissant de propriétés très-diverses, quoique dérivant en dernière analyse de deux ou trois principes élémentaires.

Au lieu de partir ainsi des éléments, on peut prendre pour point de départ des combinaisons simples, telles que les combinaisons oxydées du carbone et de l'hydrogène, l'acide carbonique, et l'eau, par exemple; ce sont du reste ces derniers que la nature met en jeu pour former les composés organiques, en mettant concurremment à profit les forces naturelles, lumière, chaleur, électricité. On peut se proposer de déterminer la grandeur du travail nécessaire pour produire, à l'aide de ces composés, tel corps organique donné, l'acide formique, le gaz des marais, l'alcool méthylique, par exemple, toutes synthèses actuellement réalisées.

Pour élucider complétement la question, il faudrait pouvoir déterminer exactement la nature, le sens et la grandeur des mouvements qui s'accomplissent entre les molécules au moment même où s'exerce l'affinité; mais dans l'état actuel de la science, une telle détermination est impossible : les réactions auxquelles nous avons recours pour atteindre le but sont trop multiples et trop détournées pour qu'il soit possible d'étudier séparément leurs effets. D'ailleurs la nature des mouvements moléculaires, même les plus simples, nous est encore inconnue.

Cependant, messieurs, le problème général que nous venons de poser peut être aujourd'hui abordé et résolu avec succès dans un grand nombre de circonstances. Nous pouvons établir des principes à l'aide desquels nous mesurerons la quantité de travail dépensé soit dans nos laboratoires, soit dans les végétaux et dans les animaux pour produire les combinaisons organiques et pour les transformer. Il suffit, en effet, de mesurer les quantités de chaleur produites ou absorbées dans ces transformations : entre ces quantités de chaleur et la somme des travaux nécessaires pour produire les transformations inverses, il y a équivalence. — Ceci demande à être développé, en montrant comment une réaction chimique peut équivaloir à un certain travail mécanique par l'intermédiaire de la chaleur qu'elle produit.

Voici une comparaison qui pourra rendre plus clairement notre pensée. Une machine étant donnée, par exemple une machine à vapeur, chacun sait qu'il existe une relation directe entre le travail produit par la machine et la quantité de chaleur produite par la combustion; le travail produit dans une machine théorique et parfaite serait proportionnel à la quantité de chaleur développée; c'est là un point établi par les recherches récentes faites sur l'équivalence mécanique de la chaleur et que nous accepterons comme tel, sans entrer à cet égard dans des développements étrangers à notre sujet.

Or, dans une machine à vapeur, on brûle du carbone ou des matières organiques, ce qui produit de l'acide carbonique et de l'eau. De là résulte un dégagement de chaleur, lequel détermine la vaporisation de l'eau, et par suite les effets mécaniques. En définitive, c'est la combustion du charbon, c'est-à-dire l'affinité chimique, qui est la source réelle du mouvement obtenu et des travaux accomplis. Cette transformation directe des effets de l'affinité en travail mécanique est parfois plus directe et plus facile à mettre en évidence. Quand on enflamme un mélange de deux volumes d'hydrogène et un volume d'oxygène, la combinaison a lieu avec détonation et il se produit des mouvements violents qui se communiquent au milieu ambiant. Voilà donc une transformation directe du travail des affinités en force vive. C'est même sur ce principe que Papin proposa d'abord d'établir des machines en cherchant à utiliser l'explosion de la poudre. Chacun sait que c'est sur une action analogue que repose la machine Lenoir.

Dans les machines électro-magnétiques, dont on a proposé l'emploi à plusieurs reprises, et qui, au point de vue théorique, peuvent produire de puissants effets, le travail a également pour point de départ les affinités chimiques, puisque ces machines fonctionnent à l'aide de la pile, c'est-à-dire en vertu du travail produit par la combinaison du zinc avec l'oygène; mais le zinc est une matière première beaucoup plus chère que le charbon.

En résumé, dans toutes les machines à feu on est toujours ramené à cette notion fondamentale : les affinités chimiques produisent de la chaleur, celle-ci des effets mécaniques et réciproquement; d'où les équivalences que l'on peut établir entre tous ces phénomènes.

Ce sont donc les phénomènes calorifiques qui mesurent le travail des affinités, pourvu que l'on fasse intervenir un système convenable de raisonnements et d'expériences. Nous nous proposons d'exposer ici ce système d'expériences et de raisonnements, en les appliquant surtout à la formation des combinaisons organiques, telles que les carbures d'hydrogène, les alcools, les acides, les éthers, etc.

Les résultats auxquels nous serons conduits sont d'un haut intérêt, et cela à des points de vue divers.

Digitized by Google

Non-seulement il s'agit d'élucider la formation théorique des combinaisons organiques; mais je crois utile d'indiquer quelques-unes des applications fondamentales que ces questions présentent au point de vue industriel ou au point de vue purement scientifique.

Les sources de chaleur dont nous disposons ont toutes leur origine dans les phénomènes chimiques; mais il faut reconnaître que l'on s'adresse presque toujours pour obtenir de la chaleur, soit au carbone, soit à ses combinaisons hydrogénées et oxygénées, telles que l'huile ordinaire, la bougie stéarique, la cire, les huiles de pétrole, de schistes, le bois, la houille, etc., qui sont toutes des matières organiques. La chaleur produite par tous ces corps résulte en dernière analyse de l'union de l'oxygène avec le carbone, laquelle donne de l'acide carbonique, et avec l'hydrogène, qui produit de l'eau; on retrouve également une production de chaleur analogue dans beaucoup d'autres phénomènes économiques, par exemple, dans la fermentation du vin, dans la transformation de l'alcool en vinaigre, etc.

Non-seulement ces études calorifiques ont une grande importance au point de vue industriel, mais elles offrent un grand intérêt au point de vue des sciences, en physiologie par exemple. Il y a déjà longtemps que l'on a comparé la vie à une flamme, et cette image empruntée à l'antiquité se trouve en quelque sorte justifiée depuis que Lavoisier a prouvé que la chaleur animale est produite par une véritable combustion opérée au sein de l'organisme animal. En effet, l'oxygène inspiré vient brûler les divers matériaux du corps, d'où résulte la transformation d'une partie du carbone en acide carbonique, de l'hydrogène en eau. Aussi l'air expiré a-t-il perdu une partie de son oxygène, et renferme-t-il de l'acide carbonique, comme on peut s'en convaincre en l'agitant avec de l'eau de chaux.

A l'origine, on avait cru pouvoir assimiler la chaleur produite dans les animaux à celle qui résulte de la combustion directe du carbone libre; mais en réalité les phénomènes sont plus complexes : ce n'est pas du carbone libre, de l'hydrogène libre qui entrent dans notre corps sous forme d'aliments, mais des combinaisons d'un ordre très-compliqué. De plus, avant d'être expulsés à l'état de composés simples et stables, les matériaux organiques éprouvent une multitude de transformations intermédiaires, d'où la nécessité, pour connaître la question à fond, de déterminer les quantités de chaleur qui se produisent dans les métamorphoses successives des composés organiques.

En général, on ne peut arriver à déterminer directement les quantités de chaleur développées dans les réactions organiques, en raison de la complexité des phénomènes. On y parvient cependant; mais pour calculer ces quantités, il est nécessaire de recourir à certains principes généraux, qui permettent de les rattacher à des effets directement observables.

La chaleur produit trois ordres d'effets généraux, soit qu'elle donne lieu à des phénomènes physiques, soit qu'elle produise des phénomènes chimiques, savoir : des changements de température; des changements d'état; des phénomènes mécaniques. Entrons dans quelques détails.

1° *Élévation de température.* — C'est là un effet en quelque sorte direct, et que tout le monde connaît. Voici de l'eau; j'y plonge un thermomètre et je la soumets à l'action d'une source de chaleur. Les effets d'une élévation de température tombent immédiatement sous nos sens, et ont pour résultat ordinaire la dilatation des corps, d'où la possibilité d'en mesurer le sens et la grandeur par les thermomètres.

2° *Changements d'état.* — C'est ce qui a lieu quand on détermine la fusion de la glace, quand on chauffe du soufre pour l'amener à l'état liquide, quand on réduit de l'eau en vapeur, etc.

3° *Phénomènes mécaniques.* — Ces phénomènes sont très-variés. Un des plus simples consiste à soulever un piston, par exemple, à l'aide de la vapeur d'eau. En brûlant de la poudre dans un fusil, on donne également naissance à des phénomènes mécaniques très-violents. Chacun sait que, quand on chauffe une barre de fer, elle peut produire, par suite de sa dilatation, des effets mécaniques considérables, par exemple, soulever un poids donné.

Les deux premiers ordres d'effets répondent à ce qu'on peut appeler le travail intérieur; ils se manifestent dans l'intérieur des corps, et sont la conséquence de certains mouvements de leurs particules. Au contraire, les effets du troisième ordre, constituent un travail extérieur.

Tous les phénomènes chimiques produits par la chaleur appartiennent aux changements d'état; la chaleur, en modifiant les arrangements moléculaires, détermine des états nouveaux, doués de propriétés différentes.

Soit, par exemple, le chlore et l'hydrogène; ce sont deux gaz fort différents, l'un coloré, irritant, doué d'une action énergique sur l'indigo et sur beaucoup d'autres substances. L'hydrogène est léger, inflammable, etc. Ces deux gaz se combinent sous l'influence de la chaleur, en produisant de l'acide chlorhydrique, corps gazeux comme ses générateurs, mais qui a des propriétés nouvelles et toutes différentes. De même l'oxygène, en se combinant avec l'hydrogène, donne de l'eau, substance liquide; le carbone solide et l'hydrogène gazeux donnent des corps extrêmement variés, gazeux, liquides et solides; le carbone et le soufre, qui sont solides, forment par leur combinaison un liquide extrêmement volatil, le sulfure de carbone. Dès que la formation de l'un de ces composés a été provoquée par une élévation de température, ou autrement, le système ne reprend plus de lui-même son état primitif. Entre les changements d'état physique et chimique, il y a des dif-

Digitized by Google

férences profondes qu'il est aisé de mettre en évidence, à l'aide de quelques exemples.

Soit la naphtaline $C^{20}H^{8}$. Lorsqu'on la chauffe, elle fond vers 79 degrés; en élevant encore la température, elle émet des vapeurs, puis entre en ébullition à 228 degrés, et l'on peut recueillir dans un récipient une matière blanche, cristalline, qui s'y condense; ce n'est autre chose que de la naphtaline condensée, ayant repris son état primordial; il y a donc eu passage de l'état solide à l'état liquide, puis à l'état gazeux, et réciproquement, mais la naphtaline n'a subi dans toutes ces transformations aucune altération véritable.

Prenons maintenant l'acide citrique $C^{12}H^{8}O^{14}$. Soumis à l'action de la chaleur, et en opérant avec précaution, ce corps fond d'abord et change d'état, sans éprouver d'altération chimique. Mais, en chauffant davantage, il se dégage bientôt un gaz que l'on peut recueillir sur le mercure, et qui ne rappelle en rien l'acide citrique, car c'est de l'acide carbonique entièrement absorbable par la potasse. Dans le récipient, se condenseront de l'eau et un acide cristallin qui jouit de propriétés différentes de l'acide primitif. Voilà donc un changement permanent provoqué par la chaleur au sein d'un composé.

Telle est la distinction qu'il faut établir entre les changements d'état physiques et les changements d'état chimiques produits par la chaleur.

Les effets chimiques produits par la chaleur sont extrêmement nombreux et variés; néanmoins, on peut les rattacher à trois ordres de faits : 1° combinaisons; 2° décompositions; 3° modifications isomériques.

1° Les *combinaisons* peuvent s'effectuer à la température ordinaire; c'est ainsi qu'en mélangeant sur le mercure de l'ammoniaque et de l'acide chlorhydrique, il y a production de chlorhydrate d'ammoniaque. Mais, pour s'effectuer, elles exigent le plus souvent l'intervention de la chaleur. Avec le chlore et l'hydrogène, la combinaison n'a pas lieu dans l'obscurité, mais elle se manifeste, si l'on élève convenablement la température; lorsqu'on approche du mélange une allumette enflammée, la combinaison s'effectue immédiatement avec détonation. De même l'oxygène et l'hydrogène.

En général, on peut dire qu'une certaine température est nécessaire pour produire les combinaisons chimiques. Réciproquement, en opérant à une température suffisamment basse, on peut arriver à empêcher la manifestation de la plupart des réactions.

2° Par la chaleur, il se produit des *décompositions* également nombreuses. Prenons l'oxyde de mercure, HgO, et soumettons-le à l'action de la chaleur; ce corps perd d'abord sa belle couleur rouge pour la reprendre par le refroidissement, ce qui indique qu'il n'a encore subi aucune altération; en chauffant davantage, il se dégage un gaz qui n'est autre chose que l'oxygène et il reste au mercure métallique dans le col de la cornue : voilà une véritable décomposition, puisque les deux éléments de l'oxyde sont complétement séparés.

Voici maintenant un autre corps, le carbonate de cuivre; en chauffant ce sel, il ne tarde pas à donner un gaz qui est de l'acide carbonique pur, et il est aisé de constater qu'il reste dans la cornue de l'oxyde de cuivre.

Tous ces faits sont élémentaires et connus de chacun de vous, mais il est nécessaire de les rappeler afin de préciser les idées.

3° Arrivons maintenant au troisième ordre de phénomènes produits par l'action de la chaleur, aux *modifications isomériques*.

Fondons du soufre dans un creuset; dès que la température est arrivée à 170 degrés, versons le liquide en filet mince dans un vase rempli d'eau froide, il reste mou, élastique et jouit de propriétés nouvelles : en effet, ce soufre, mou au moment de sa préparation, et s'il est trempé en fils très-fins, est complétement insoluble dans le sulfure de carbone, tandis que chacun sait que le soufre ordinaire est très-soluble dans ce menstrue. Un phénomène semblable et plus marqué s'observe quand on opère avec l'éther comme agent réfrigérant. Bref, le soufre mou est très-différent du soufre ordinaire, et cette modification profonde s'est manifestée sous l'influence de la chaleur. Notons enfin que même le soufre mou, redevenu dur au bout d'un certain temps, n'est pas redevenu complétement soluble dans le sulfate de carbone. De même le phosphore ordinaire changé en phosphore rouge, l'essence de térébenthine transformée en isomères sous l'influence d'une température de 250 degrés, etc.

Quelles sont les relations qui existent entre ces divers phénomènes et la chaleur elle-même? Il y a là deux ordres de considérations distincts, d'autant plus importants à distinguer qu'on les confond souvent sous la même appellation de chaleur.

Il y a d'abord les effets produits par une élévation ou un abaissement de température. C'est ce qui a lieu quand on chauffe l'oxyde de mercure, le carbonate de cuivre, etc.

Mais les phénomènes chimiques eux-mêmes peuvent produire de la chaleur; aussi l'oxygène et l'hydrogène en se combinant donnent lieu à un énorme dégagement de chaleur. Quand on verse de l'acide sulfurique sur de la potasse caustique, l'action est si énergique que le liquide entre en ébullition, même quand l'acide n'est pas très-concentré. Ces dégagements de chaleur sont très-communs en chimie, et lorsque l'action est violente, il peut y avoir dégagement de lumière; par exemple, quand on verse de l'acide sulfurique sur de la baryte anhydre, celle-ci entre en incandescence. Au reste, la combustion du carbone par l'oxygène de l'air n'est, en dernière analyse, qu'un phénomène du même ordre.

On doit donc distinguer deux ordres d'effets, lorsqu'il s'agit de la chaleur considérée au point de vue des réactions chimiques : 1° la chaleur qui produit l'élévation de température nécessaire à la manifestation des actions

Digitized by Google

chimiques; 2° la chaleur dégagée par les réactions chimiques.

Nous allons étudier maintenant les divers instruments que l'on emploie pour observer les phénomènes caloriques qui font partie du domaine de la chimie.

Ces appareils sont de trois ordres. Ils servent : 1° A élever la température des corps; 2° à mesurer cette température; 3° à déterminer les quantités de chaleur absorbées ou dégagées dans les réactions.

1° On élève la température des corps à l'aide de sources de chaleur très-variées, avec un foyer, une lampe, un bec de gaz, etc.

Pour maintenir la température constante, on se sert d'étuves, telles que celle de Gay-Lussac, de bain d'huile.

Dans les expériences calorimétriques, il est presque toujours avantageux de se servir de l'appareil de M. Regnault. Il consiste en un réservoir contenant de l'eau que l'on chauffe à l'aide d'une lampe, et que l'on maintient à une température fixe; c'est dans ce réservoir que se trouvent les récipients contenant les liquides mis en expérience. La température est indiquée par un thermomètre très-sensible, à graduation arbitraire, formé d'un tube très-fin et calibré; enfin la longueur de la colonne mercurielle est mesurée à l'aide d'un cathétomètre.

2° Les appareils thermométriques servent à apprécier les températures. Deux d'entre eux sont surtout employés : ce sont les thermomètres à mercure et à air.

Les thermomètres à mercure servent depuis — 40 degrés environ, jusque vers 360 degrés.

Le thermomètre à air, auquel on peut donner des formes diverses, est employé fort avantageusement par M. Regnault de la manière suivante. On mesure les variations de pression qu'éprouve un certain volume d'air, contenu dans un vase métallique de fer, de platine ou de porcelaine. Ce réservoir, qui doit être placé au milieu de l'enceinte dont on veut mesurer la température, communique à l'aide d'un fil creux métallique très-fin, avec un manomètre à deux branches, servant à mesurer les pressions qui se produisent, lorsque l'air du réservoir thermométrique se dilate par suite de l'élévation de température.

Il est important de se servir d'un tube de communication très-fin, parce que la quantité d'air qu'il contient et dont il est difficile d'apprécier exactement la température, devient insignifiante et négligeable dans le calcul. Le manomètre est lui-même placé au centre d'un manchon contenant de l'eau, maintenue à une température invariable. On amène dans la première branche le mercure à un point d'affleurement bien déterminé, et l'on mesure la différence de niveau du mercure dans les deux branches; le thermomètre à air étant placé dans de la glace fondante. On porte ensuite ce dernier à la température que l'on veut déterminer; l'air se dilate et on ramène le niveau du mercure dans la première branche, au point d'affleurement. On mesure de nouveau la différence de niveau du mercure dans les deux branches du manomètre. Si l'on connaît la pression barométrique et le coefficient de dilatation du fer ou de la porcelaine, on a ainsi tous les éléments pour résoudre la question, c'est-à-dire pour déterminer la température réelle à laquelle le pyromètre a été soumis.

En employant, pour construire le pyromètre, un vase de fer ou de platine et comme tube un fil d'argent, on peut mesurer des températures qui dépassent 1000 degrés.

Cependant, lorsque l'on dépasse cette limite, et même avant de l'atteindre, il se déclare une cause d'erreur qu'il est difficile d'éviter, c'est qu'à de hautes températures, le fer et le platine deviennent poreux et perméables aux gaz, comme l'ont prouvé les expériences de M. H. Deville. Ce résultat paraît dû à une modification particulière dans la structure moléculaire des métaux; car la porosité cesse lorsque la température s'abaisse. Il est, du reste, facile, dans ce cas, de s'assurer si le volume du gaz intérieur a varié, en ramenant l'appareil à la température initiale, c'est-à-dire à zéro, et en mesurant les pressions mercurielles. C'est même là une épreuve qu'il ne faut jamais négliger, si l'on veut se mettre à l'abri de ce genre d'erreur.

Avec la porcelaine comme réservoir, ainsi que l'a prouvé M. Deville, on peut atteindre 1500 degrés, à la condition de se servir d'un tube vernis à l'intérieur comme à l'extérieur; cette substance est dès lors imperméable jusqu'à son ramollissement.

### Méthodes calorimétriques.

On est convenu d'adopter pour unité la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 0 degré à 1 degré l'unité de poids de l'eau, 1 gramme par exemple.

Ce qui fait que l'on a choisi l'eau pour terme de comparaison, c'est que ce liquide a une capacité calorifique sensiblement constante, c'est-à-dire qu'une masse d'eau, à la température ordinaire, pour passer de 5 à 6 degrés, par exemple, exige sensiblement la même quantité de chaleur que pour passer de 30 à 31 degrés. Plusieurs appareils calorimétriques ont été proposés.

1° *Méthode de Lavoisier et Laplace.* — Ce procédé consiste à faire absorber la chaleur produite par de la glace, la quantité de glace fondue étant proportionnelle à la chaleur dégagée.

Lavoisier avait admis 75 pour la chaleur de fusion de la glace, mais le nombre exact est 79.

La disposition de l'appareil calorimétrique de ces savants est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'y insister. En brûlant du charbon, par exemple, toute la chaleur est absorbée par la glace; on recueille l'eau produite : en multipliant son poids par 79, on a la quantité de calories dégagées dans la combustion.

Cette méthode n'est pas rigoureuse; cependant, elle n'est pas aussi inexacte qu'on pourrait le penser au pre-

Digitized by Google

mier abord. Pour ne citer qu'un seul exemple, Lavoisier trouva qu'*un* gramme de charbon dégageait 7200 calories; or, le nombre exact est 8000, d'où l'on voit que l'erreur commise n'est que de 1/10 de la valeur réelle.

2° *Méthode des mélanges.* — La méthode la plus précise, et même la seule exacte, est la méthode des mélanges.

Prenons une certaine masse d'eau, et plongeons-y un corps amené à une température supérieure à celle du liquide; bientôt un équilibre s'établira, et les diverses parties du système posséderont à un moment donné la même température, laquelle est donnée par un thermomètre sensible. Or, la chaleur perdue par le corps a été absorbée par l'eau et par le vase; de là une équation qui permet de déduire la valeur de la chaleur spécifique du corps mis en expérience.

La difficulté de cette méthode, c'est qu'il y a perte continuelle de chaleur pour le rayonnement. On atténue autant que possible cette perte en mettant le vase calorimétrique dans un autre vase plus grand, maintenu par des points sur une tablette de bois. Rumford, pour éviter cette déperdition, eut l'idée de refroidir le liquide du calorimètre au-dessous de la température ambiante, d'une quantité à peu près égale au nombre de degrés dont le mélange devait s'élever au-dessus de cette température ambiante. Par ce moyen, la quantité de chaleur perdue pendant la deuxième partie de l'opération devient sensiblement égale à celle qui a été absorbée pendant la première période. Cet artifice est ingénieux, mais il ne peut conduire qu'à un résultat approximatif. Sans le négliger, il est nécessaire de déterminer directement la vitesse du refroidissement dans des conditions connues et comparables à celles de l'expérience.

Quelquefois, il faut éviter d'opérer directement le mélange du corps avec l'eau : lorsqu'il s'agit de l'acide sulfurique, par exemple, et en général toutes les fois qu'il y a réaction chimique entre le corps et l'eau, ou tout au moins production de chaleur par suite du mélange. Dans ce cas, on verse l'acide dans un petit vase vide et plongé au sein de l'eau qui n'y pénètre pas; ce vase est divisé en deux compartiments, ou même surmonté d'une petite boîte qui sert à recueillir et à condenser les vapeurs qui pourraient se former. L'acide était porté à une température fixe dans l'étuve de M. Regnault, il suffit de tourner un robinet pour amener l'acide dans le calorimètre.

3° Voici un autre appareil calorimétrique, appliqué spécialement aux recherches chimiques par MM. Favre et Silbermann. Ce qu'il présente de nouveau, c'est qu'il indique immédiatement la quantité de chaleur dégagée par sa graduation, la masse échauffée étant assez considérable pour que la perte due au rayonnement soit négligeable dans la durée de l'expérience. C'est un *thermomètre d'calories.*

Il se compose d'une grande boule, d'un litre ou deux de capacité, munie d'un tube horizontal gradué; dans cette boule remplie de mercure vient plonger un petit récipient dans lequel se passe la réaction chimique que l'on veut étudier. La chaleur est immédiatement absorbée par le mercure, et la marche de la colonne mercurielle dans le tube horizontal, indique la valeur cherchée. Si deux divisions répondent à 1 calorie, la fonte de 1 gramme de glace produira un retrait de 158 degrés, ce qui répond à 79 calories.

Cet appareil, qui n'est en définitive qu'un thermomètre très-sensible, ne peut servir qu'à mesurer de faibles quantités de chaleur. En outre, il y a une cause d'erreur que l'on n'est jamais sûr d'avoir complétement évité, c'est-à-dire d'empêcher la chaleur produite au centre de la boule, de se communiquer jusqu'à l'enveloppe et de la dilater, ce qui produirait un effet inverse de celui qui résulte de la dilatation du mercure : d'où la nécessité d'opérer très-rapidement.

Quoi qu'il en soit, c'est un appareil très-simple et fort ingénieux.

4° Il nous reste encore à signaler un appareil à l'aide duquel on détermine la chaleur de combustion des corps, lorsqu'il s'agit surtout de composés gazeux. Il faut vaincre ici des difficultés nombreuses.

L'appareil dont il s'est servi, et qui n'est autre que l'appareil de Dulong perfectionné, consiste en un ballon servant de chambre à combustion, et entouré d'une enceinte d'eau qui sert de calorimètre. On fait arriver par un tube le gaz que l'on veut brûler (ce tube est inutile quand on opère sur un liquide); on amène par un autre tube l'oxygène qui doit déterminer la réaction. S'il s'agit de brûler de l'hydrogène, cet appareil suffit à la rigueur, l'eau se condensant dans la chambre à combustion. Mais il n'en est pas de même si les produits de la combustion restent gazeux, s'il y a production, par exemple, d'acide carbonique; il faut faire passer ce gaz dans un serpentin C, plongé au sein du liquide qui entoure le ballon, afin qu'il n'y ait pas perte de chaleur.

En dernière analyse, on voit que cet appareil est fondé sur la méthode des mélanges, la chaleur abandonnée par la combustion étant absorbée par l'eau du vase enveloppant. On s'arrange de façon à empêcher, autant que possible, le rayonnement, en employant un deuxième vase qui renferme tout l'appareil. Enfin, on obtient une température uniforme en mêlant les couches liquides à l'aide d'un agitateur. Cette température est d'ailleurs mesurée par des thermomètres très-sensibles.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

Digitized by Google

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ZOOLOGIE (1).

COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

VII.

**Organisation générale des Zoophytes.**

Après avoir étudié, dans les leçons précédentes, la classification des animaux en général, et celle des *Zoophytes* en particulier, M. Lacaze-Duthiers se propose maintenant de prendre chacun des groupes dans lesquels ces derniers ont été divisés, en adoptant la distribution proposée par MM. Milne Edwards et Jules Haime, pour étudier successivement les *Coralliaires*, les *Acalèphes*, les *Hydraires*, les *Siphonophores*, les *Spongiaires*, les *Rhizopodes* et les *Infusoires*. Les *Échinodermes* seuls ne pourront être traités cette année. Pour arriver à donner une idée exacte des êtres qui constituent ces divers groupes, M. Lacaze-Duthiers s'attachera dans chacun de ces groupes à la description d'un type, et celui-ci une fois bien étudié, il exposera la classification ou les essais de classification du groupe entier, en donnant quelques détails sur les espèces et sur les genres les mieux connus.

Pour les Coralliaires, ce type sera le *Corail*, dont l'étude si intéressante fera l'objet de plusieurs leçons; mais avant d'aborder ce sujet spécial, il est bon, par un coup d'œil rapidement jeté sur le groupe dans son ensemble, d'indiquer la conformation générale des êtres qu'il renferme, et de définir, en commençant, le sens exact de quelques expressions qui seront fréquemment employés dans le suite pour abréger et préciser le discours.

Lorsqu'on commence l'étude de ces animaux, et qu'on veut se faire une idée nette de leur organisation, on éprouve tout d'abord, en effet, une extrême difficulté pour se reconnaître au milieu d'un certain nombre de termes que l'on rencontre très-vaguement employés dans la plupart des ouvrages, et tels que ceux-ci : les *coralliaires*, les *coraux*, le *corail*, les *polypiers*, les *polypes*..., et l'on se demande par exemple si les *coraux* sont quelque chose de différent du *Corail*, car ce mot de *corail*, qui ne devrait être employé que pour désigner une espèce particulière de Coralliaires, l'est souvent par les Anglais pour nommer ce qu'on appelle le *polypier*, c'est-à-dire cette partie dure qui forme la masse presque entière du Corail ordinaire, aussi bien que de tous ces Madrépores volumineux et pesants qui remplissent les collections; ils disent, par exemple, le corail d'un *Mussa*, ou le corail d'une *Astrée*.

On conçoit, par ce seul exemple d'ambiguïté, la nécessité d'un vocabulaire nettement établi.

Que l'on prenne dans le groupe des Coralliaires et dans la tribu des Gorgonides, cette élégante arborescence qui vit dans les eaux profondes, et qu'on appelle la *Juncella elongata*; qu'après l'avoir retirée de la mer, on la dispose dans un vase à observations avec toutes les précautions que l'expérience aura enseignées; on verra bientôt les branches dont la surface était d'abord unie, se couvrir d'aspérités, la couche jaunâtre qui recouvre ces branches se gonfler en certains endroits, puis s'ouvrir en ces divers points pour laisser apparaître une multitude de petits calices à huit divisions couvertes de barbules déliées, et semblables à autant de fleurs épanouies; la moindre agitation, le moindre attouchement fera contracter ces sortes de fleurs, et les branches de cette *Juncella* reprendront leur apparence première. Si, déchirant cette écorce vivante, on pénètre à l'intérieur, on rencontre un axe central d'autant plus volumineux et d'autant plus dur que la partie dilacérée est plus vieille, fort mince et flexible aux extrémités des branches, sans organisation apparente, et tout à fait semblable à une concrétion minérale produite par les parties corticales.

Chez d'autres Coralliaires, par exemple chez la *Bebris molle*, espèce très-abondante dans la Méditerranée, et qu'on trouve souvent développée sur la coque des bateaux pêcheurs, ou à la surface de la plupart des corps sous-marins, on rencontre une écorce rouge analogue à la précédente, et susceptible, comme elle, de se recouvrir de calices blancs à huit divisions; mais ici rien de pareil à cette partie dure qui existe au centre des branches de *Juncella*; la *Bebris* se développe sur des arborescences qui ne lui appartiennent pas, et sur lesquelles elle cherche simplement un appui.

Voilà donc déjà deux parties bien distinctes : l'écorce et l'axe, et si bien distinctes que la dernière peut manquer; mais, dans l'écorce elle-même, on vient de voir que cette homogénéité qu'elle présente par moments n'est qu'une apparence due à la contraction des tissus; dans les conditions normales, au contraire, cette écorce est parsemée de parties délicates plus ou moins allongées en tubes, dont la couleur tranche toujours sur celle du fond, qui sont tantôt d'un blanc éclatant, comme dans la *Bebris*, le Corail, tantôt d'une magnifique couleur orangée, comme dans cet *Astroides calycularis*, si fréquent dans la Méditerranée, et que l'on trouve particulièrement en si grande abondance, sous les pierres, dans le port d'Alger.

Ces parties, enfin, que rien ne distingue au premier abord les unes des autres, peuvent différer, cependant, quant à leur origine, leur mode de développement, leurs relations réciproques, comme on va facilement le comprendre.

Aujourd'hui, que la mode des aquariums commence à se répandre en France, venue probablement d'Angleterre, où elle est si généralement adoptée, il n'est presque personne qui n'ait vu quelqu'un de ces animaux singuliers dont le nom scientifique est *Actinie* (ἀκτίν, rayon), mais que l'on appelle vulgairement des *Anémones*

(1) Voy. les nos 6, 9, 15, 21, 23 et 25.

Digitized by Google

*de mer*, à cause de leur grande ressemblance avec ces fleurs. L'espèce la plus connue du genre est l'*Actinia equina* ou *Mesembrianthemum*, qui couvre les rochers des côtes de Normandie; à part le nombre de ses bras ou tentacules, qui est très-considérable, et sa grosseur, qui est énorme comparée à celle des fleurs de la *Juncella* ou de la *Bebris*, cette Actinie présente tout à fait la même organisation générale que ces dernières; c'est une masse charnue, extrêmement contractile, susceptible, tantôt de s'allonger en cylindre, tantôt de se ramasser en sphère, et munie supérieurement d'une ouverture centrale, qui est la bouche, entourée d'une multitude de bras érectiles, destinés à la préhension des aliments. Cette Actinie, comme on le verra plus tard, livre passage par cette même bouche à des œufs, dont chacun, d'abord libre, ne tarde pas à se fixer, à se creuser d'une cavité, à se recouvrir de bras, de façon à constituer bientôt une jeune Actinie, tout à fait semblable à celle qui lui a donné naissance. En raison de son origine, on appellera cet animal, issu d'un œuf fécondé, un *oozoïte* (ὠόν, œuf; ζῶον, animal); l'œuf s'est produit dans le corps de l'Actinie mère par *oogenèse*. Chaque Actinie, du reste, est un oozoïte. Mais, que l'on prenne maintenant cet *Astroides calycularis* aux fleurs orangées, dont il a déjà été question. Celui-ci produit des œufs tout à fait semblables aux précédents; libres d'abord, ils se fixent ensuite et se creusent en une sorte de calice, dont l'ouverture extérieure, la bouche, s'entoure de tentacules; en même temps, un corps dur se forme dans la masse du tissu mou de l'animal, et augmente avec lui; bientôt on voit apparaître un bourgeon sur ce jeune *Astroides;* ce n'est d'abord qu'une accumulation de tissu de forme globuleuse, qui subit elle-même les transformations successives par lesquelles l'œuf a passé, et constitue enfin un nouvel animal né par bourgeonnement sur le premier. Une origine aussi différente exige un nom particulier; ce nom est celui de *blastozoïte* (βλαστός, bourgeon), et l'on dit que ce nouvel animal s'est produit par *blastogenèse* dans un tissu organisable particulier (*blastème*).

Ce premier blastozoïte en produit lui-même de nouveaux, dans chacun desquels le corps dur central se forme, et il se développe ainsi une nombreuse colonie d'animaux nés les uns sur les autres, mais dérivant tous d'un premier oozoïte, qu'il serait maintenant impossible de retrouver dans cette agglomération d'individus tous semblables. Chacun de ces individus, sans distinction d'origine, s'appelle un *polype* (πολύς, plusieurs; πους, pied). Ce nom, très-ancien dans la science, et appliqué d'abord par Aristote à la désignation des Mollusques céphalopodes (Poulpes), est spécialement employé depuis Réaumur et Bernard de Jussieu, à la dénomination des animaux zoophytes dont il s'agit ici. Quant au tissu commun qui s'est successivement développé, dans lequel tous les Polypes ont pris naissance, et qu'il serait impossible de partager entre les divers individus, on l'appellera *sarcosome* (σάρξ, chair; σῶμα, corps). Le corps dur que ce sarcosome recouvre souvent, a été appelé par Réaumur *polypier*. Ce nom doit être conservé; il n'est pas sujet à l'ambiguïté qui naît de l'emploi par les Anglais du mot de *corail*. Il reste enfin à désigner la population, la colonie tout entière des animaux, on le fera en disant : *zoanthodème* (ἄνθος, fleur; δῆμος, peuple).

En résumé, on dira donc qu'une Actinie est un Polype; qu'une branche de *Juncella* ou de Corail est un zoanthodème, aussi bien que la *Bebris*, mais avec la différence que le zoanthodème de Corail ou de *Juncella* est constitué par un polypier recouvert d'un sarcosome, tandis que le zoanthodème de *Bebris* est réduit à ce dernier.

Dans le livre de MM. Milne Edwards et J. Haime intitulé : *Histoire des Coralliaires* (*Suites à Buffon*), ouvrage qui sera suivi dans le cours de ces leçons, d'abord parce que c'est le meilleur, et puis parce que c'est d'après lui que sont classés les Coralliaires du Muséum; on trouve, au lieu des dénominations qui viennent d'être indiquées, certaines autres, auxquelles il a paru avantageux de les substituer, mais qu'il est nécessaire de définir pour faciliter la lecture de cet ouvrage. C'est ainsi que le mot *cœnenchyme* (κοινός, commun; χῦμα, accumulation), y désigne ce tissu commun qui a été appelé plus haut *sarcosome;* ce même tissu est aussi désigné par les auteurs sous le nom de *polypiéroïde* (qui a l'apparence d'un polypier); le tissu qui constitue la partie dure, centrale, le polypier, est le *sclérenchyme* (σκληρός, dur); d'après les idées des mêmes auteurs, cette concrétion est produite, soit par le derme, soit par l'épiderme des Polypes; alors les colonies sont dites *sclérodermées* ou *sclérobasiques;* enfin le polypier, le sclérenchyme de chaque individu, est appelé *polypiérite*.

Jetons maintenant un coup d'œil général sur les organes principaux d'un de ces polypes, quel qu'il soit, une Actinie, par exemple, où leurs dimensions les rendent plus facilement observables. Une Actinie peut se représenter simplement, comme il a été déjà dit plus haut, par un cylindre reposant sur une base, présentant au sommet une ouverture qui est la bouche entourée d'un nombre plus ou moins considérable de rayons ou tentacules; cette partie supérieure, sur laquelle s'insèrent tous les tentacules, se nomme le *péristome* (περί, autour; στόμα, bouche), et la base inférieure le *pied*. Le tissu constituant le corps de l'animal est extrêmement contractile, et c'est même cette contractilité entrant en jeu au contact du scalpel, qui rend la dissection de ces Polypes fort difficile; on sait cependant que Lamarck les rangeait parmi les animaux *apathiques*, comparant cette contractilité à celle que l'on observe après la mort dans les muscles des animaux, dans les chairs dites pour cette raison palpitantes, et qui est une propriété du tissu indépendante de l'animal. Il n'est pas douteux, néanmoins, qu'une Actinie *sent*. Si l'on dispose à sa portée une proie, un ver de terre, par exemple, on la voit allonger ses tentacules, saisir ce ver et le porter ensuite

Digitized by Google

dans sa bouche; dans certaines espèces, ces tentacules sont munies, à cet effet, de ventouses susceptibles de s'attacher avec force aux corps extérieurs; d'ailleurs, si l'on veut récolter des Actinies sur les rochers, c'est toujours du côté de l'orient ou du midi, qu'il faut les chercher; elles sont donc sensibles aux influences extérieures, et capables de les rechercher ou de les éviter à leur volonté; les rayons directs de lumière semblent les blesser, et c'est au-dessous des rochers qu'elles se fixent de préférence.

Pour comprendre la conformation intérieure de l'animal, il n'y a rien de mieux que de pratiquer des coupes perpendiculaires à l'axe du cylindre, par lequel on peut représenter simplement le corps du Polype. Or, les premières toiles, dans les parties supérieures, montrent un cercle extérieur, section du cylindre en question, et un cercle intérieur beaucoup plus petit, concentrique au premier; section d'un tube central qui fait suite à la bouche, et qui n'est autre chose que l'œsophage; entre ces deux cercles, on aperçoit des lignes rayonnantes qui vont de l'un à l'autre; ce sont les sections de cloisons qui, réunissant cet œsophage à l'enveloppe extérieure, le soutiennent ainsi suspendu dans la cavité générale. Une coupe pratiquée plus bas montre un aspect différent; le petit cercle central a disparu, preuve que le tube qu'il représentait s'arrête à une certaine hauteur; à partir de ce moment, les cloisons présentent donc un bord libre et flottant, et, par conséquent, un observateur qui serait placé au centre de la cavité, verrait au-dessus de sa tête l'ouverture d'une sorte de cheminée (l'œsophage), et autour de lui une rangée circulaire de stalles produites par ces cloisons, et divisant en autant de loges cette sorte de chambre. Ces loges se continuent d'ailleurs dans l'intérieur des tentacules, qui sont creux, et par chacun desquels, si leurs extrémités étaient coupées, on pourrait, par conséquent, entrer dans la cavité générale. Les cloisons dont on vient de parler présentent sur leurs bords libres une sorte d'épaississement en forme de cordon sinueux, ressemblant assez à une portion d'intestin, soutenue par son mésentère, c'est ce qui leur a fait donner le nom de *replis à cordon pelotonné*, ou de *lames mésentériformes*; c'est dans ces lames que se développent les organes reproducteurs; ces organes sont donc contenus dans la cavité digestive, et c'est là le caractère distinctif de tous les Coralliaires.

Ce qui précède suffit pour concevoir la topographie, le plan général sur lequel sont construits les animaux dont l'étude va suivre, et pour fixer la dénomination de leurs parties les plus importantes. Dans les prochaines leçons, il sera spécialement question Cdu orail, quant à son organisation intime, sa reproduction, son développement, sa pêche et son commerce.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### XXVIII.

**De la curarine.**

Nous devons continuer aujourd'hui l'examen des propriétés de la curarine, comparativement à celles du curare.

L'effet général de la curarine est le même que celui du curare, comme nous l'avons déjà montré dans la dernière séance, c'est-à-dire que les propriétés des nerfs moteurs sont détruites par la curarine comme par le curare. Mais le curare produit aussi une foule d'actions particulières que nous devons tâcher d'obtenir également avec la curarine. Ces recherches comparatives élucideront en même temps d'une manière plus complète la question de savoir si ces effets particuliers sont simplement une conséquence de l'effet général du curare sur les nerfs moteurs, ou s'il faut les rapporter à des propriétés nouvelles appartenant à d'autres matières spéciales qui se trouveraient dans le curare; si, en un mot, il faut voir dans l'action du curare, comme dans l'action de l'opinm, par exemple, une résultante de plusieurs substances actives spéciales.

Comme le curare est un extrait dont on ne connaît pas bien la nature ni la préparation, il n'y avait rien d'impossible à ce qu'il contînt un certain nombre de substances produisant chacune son effet propre. Dès qu'on opère avec la curarine, on n'est plus exposé à la même objection, puisque cette substance est un corps défini et cristallisé.

Reste à rechercher si les effets particuliers du curare, et par exemple l'effet diurétique, se retrouve dans la curarine, et nous aurons à étudier comment cette action diurétique peut s'expliquer dans ce cas. Cela sera très-instructif, car, en médecine, les mêmes effets peuvent être produits par des mécanismes souvent très-différents les uns des autres, en apparence, mais répondant tous cependant, au fond, à une action intérieure ou à une cause identique. Il peut y avoir, en un mot, dans la production d'un même phénomène, des mécanismes variés, mais il n'y a qu'une seule cause ou une seule condition efficiente. C'est un point sur lequel je désire m'arrêter quelques instants. Le nitrate de potasse, par exemple, est un diurétique, mais il n'est pas le moins du monde paralysant des nerfs moteurs; la digitaline est également un diurétique, ce qui ne l'empêche pas de différer profondément dans son action du curare et du nitrate de potasse. Comment donc peut-on comprendre l'effet

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24 et 26.

Digitized by Google

diurétique d'une substance, et de plusieurs substances, d'ailleurs si différentes d'action?

Le nitrate de potasse serait diurétique, en facilitant directement l'écoulement du fluide sanguin dans le rein. M. Poiseuille a déduit cette explication des expériences sur l'écoulement des liquides dans des tubes de très-petit diamètre. M. Poiseuille a constaté que le nitrate de potasse, l'iodure de potassium, etc., activaient plus ou moins la rapidité de l'écoulement des liquides dans les tubes de petits diamètres, tandis que d'autres substances le retardaient, et il se trouva que les substances diurétiques étaient précisément celles qui activaient le plus l'écoulement. M. Poiseuille a institué ses expériences sur des tubes inertes de verre, sur des tissus capillaires d'animaux récemment morts, ou sur des animaux vivants, et il a partout constaté le même résultat, c'est-à-dire augmentation dans la rapidité de l'écoulement du sang sous l'influence du nitrate de potasse, de sorte que cette substance donnerait lieu à une plus grande sécrétion urinaire, parce que, dans un même temps, elle fait passer par le rein une quantité plus considérable de liquide sanguin.

Telles sont les expériences de M. Poiseuille sur cette question. Il est évident qu'on ne peut songer sérieusement à expliquer par des faits de ce genre l'action de tous les diurétiques. La curarine ayant une action propre bien déterminée sur les nerfs moteurs, ce qu'on doit faire avant tout, c'est de chercher à rattacher, si c'est possible, ces effets particuliers à l'action générale. Mais quel rapport espère-t-on trouver entre les propriétés de la curarine et les effets diurétiques qui sont communs au nitrate de potasse et à d'autres corps, pour en faire une classe déterminée de substances médicamenteuses semblables.

Un *diurétique* est une substance qui ne représenterait en apparence, par elle-même, rien de constant comme action physiologique, car les substances les plus diverses à tous égards, peuvent être des diurétiques. Il y a encore des circonstances, en dehors des précédentes, qui peuvent produire les effets diurétiques; c'est ainsi qu'on peut, par exemple, rendre à la fois un animal diabétique et diurétique, en blessant la partie supérieure de la moelle épinière, au niveau du plancher du quatrième ventricule. Le mécanisme par lequel un animal devient diabétique, peut donc être très-différent suivant les cas; l'important, c'est que l'effet se produise, et puisse se rattacher à une cause ou à une condition unique, malgré la diversité des mécanismes.

Les conditions de diurétisme se résument en cette condition : pour qu'il y ait une plus grande quantité d'urine produite, il faut qu'il passe dans les capillaires du rein une plus grande quantité de sang.

L'animal est diurétique dès que cette condition est remplie. Or cette condition peut être produite par une foule de moyens divers. Le nitrate de potasse la produit en facilitant l'écoulement du sang, peut être en augmentant sa fluidité. Mais on produit encore une augmentation dans la production de l'urine en augmentant la pression dans le système artériel. Ainsi lorsqu'on lie les artères des quatre membres sur un chien, les reins donnent une quantité bien plus considérable d'urine; on constate qu'alors la pression du sang est augmentée; mais si l'on délie les artères, la pression revient à l'état normal, ainsi que la quantité d'urine sécrétée. Dans ce cas, le diurétisme tient donc simplement à ce qu'on a diminué le champ de la circulation, sans que la quantité du liquide sanguin existant dans le corps ait été modifiée par un médicament. Quand on blesse le quatrième ventricule le mécanisme est encore tout autre. On agit alors sur le centre vaso-moteur. Enfin, le curare est diurétique, en agissant directement sur les extrémités des nerfs moteurs vasculaires des capillaires, et par conséquent sur la circulation capillaire elle-même.

L'effet diurétique ne résulte donc pas d'une propriété unique et particulière que posséderaient un certain nombre de corps. L'effet diurétique est la conséquence d'une condition physiologique identique; il n'y a pas de médicaments diurétiques, et l'on ne saurait rapprocher par cela les diverses substances produisant cet effet, car, par leur nature, elles s'éloignent souvent les unes des autres, autant que possible. L'exemple de la curarine sera donc ici très-instructif, parce qu'il montre bien la vérité de cette proposition.

Quand on empoisonne un animal avec la curarine, on a les mêmes effets qu'avec le curare, et l'on produit à la fois une paralysie générale des nerfs moteurs, et en même temps aussi le diurétisme et l'accroissement des sécrétions en général; de sorte que nous avons identité entre les deux substances.

Il ne faut donc pas considérer la curarine comme un diurétique, c'est uniquement une substance qui atteint les nerfs moteurs, et voilà tout. Les autres effets dérivent de celui-là; l'action diurétique et l'effet sur les sécrétions en général dépendent aussi de la paralysie des nerfs moteurs.

Depuis longtemps déjà nous avons distingué les sécrétions en deux classes; les sécrétions internes et les sécrétions externes; les premières contribuent à former le sang en y déversant leurs produits, les secondes purifient le sang, — ce sont les excrétions, — ou bien elles en retirent certaines substances qui servent à la digestion ou à d'autres fonctions. Les sécrétions internes et externes ne sont pas encore toutes exactement connues; mais le curare paraît les exagérer toutes, et ce serait là un champ d'études intéressantes pour le physiologiste et pour le médecin.

Si l'on connaissait bien toutes les propriétés physiologiques du curare, on voit assez par les considérations que nous avons déjà développées, que ce corps pourrait être utilement employé non plus empiriquement, mais par suite d'indications physiologiques dans certains états pathologiques particuliers.

Digitized by Google

On a déjà fait des essais empiriques sur l'emploi du curare. MM. de Humboldt et Boussingault dans la relation de leurs voyages, rapportent que les Indiens considèrent le curare comme un stomachique. On a cru aussi qu'il était utile contre l'épilepsie ; son emploi, convenablement ménagé, a paru sinon guérir complétement l'épilepsie au moins en éloigner quelquefois considérablement les accès. Enfin, on a été conduit à employer le curare contre le tétanos en le considérant comme un antidote de la strychnine, mais nous verrons, en discutant ces faits, que le mot *antidote* comme le mot *diurétique* ne signifie rien par lui-même ; il n'y a au fond de ces expressions que des phénomènes et des conditions qu'il s'agit d'étudier : un poison, hors les cas de combinaisons chimiques dans lesquels il y a destruction des corps, ne peut agir sur un autre dans l'organisme ; il peut seulement créer des conditions nouvelles au milieu desquelles le premier poison ne pourra plus produire identiquement son action ; mais voilà tout. C'est là une question que nous devrons examiner avec soin.

Quant à l'emploi du curare ou de la curarine comme stomachique, il est assez difficile à définir, et nous ne voyons pas comment on pourrait le rattacher à une action locale sur les nerfs intestinaux. Mais, cependant, nous aurons à examiner si réellement le curare ou la curarine n'auraient pas leur action locale sur la muqueuse intestinale.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

#### Physiologie du cerveau.

Après vous avoir exposé les notions acquises sur l'anatomie et la structure du cerveau, après vous avoir parlé des couches optiques et des corps striés, et vous avoir montré comment l'expérimentation prouve que ce ne sont là que des parties adjacentes au cerveau proprement dit, ainsi que le corps calleux qui n'est qu'une commissure, et non pas, comme le voulait Lapeyronie, le siége de l'âme, nous arrivons maintenant aux lobes ou hémisphères cérébraux. Ce sont les parties les plus nobles du système nerveux central, celles auxquelles sont dévolues les fonctions les plus élevées d'innervation. Plus les phénomènes instinctifs et surtout intellectuels deviennent compliqués, plus les organes prennent de la prépondérance, et c'est chez l'homme qu'ils acquièrent leur plus haut degré de développement organique et fonctionnel. Nous allons étudier successivement les hémisphères au point de vue des phénomènes de sensibilité, de mouvements volontaires, et enfin d'instinct et d'intelligence. Nous essayerons de déterminer, aussi exactement que possible, leur rôle physiologique, et nous verrons que ce rôle, limité comme il doit l'être, gagne en dignité, si l'on peut ainsi dire, ce qu'il perd en étendue.

Mais avant d'aborder ces questions, je dois placer sous vos yeux ces animaux auxquels nous avons enlevé le cerveau proprement dit. Dans le courant de la discussion que nous allons aborder ensemble, nous aurons aussi sous les yeux des exemples qui nous permettront de vérifier l'exactitude des propositions que nous serons conduits à établir.

Les diverses classes des vertébrés sont représentées sur cette table. Voici un lapin, un coq, un pigeon, une tortue, une grenouille et enfin un poisson. Si nous laissons de côté le poisson pour un moment, vous devez être frappés dès à présent d'un fait très-remarquable, à savoir l'attitude de ces animaux. On les a placés sur la table ; ils y restent sans faire un pas, sans chercher à fuir, et ils conservent l'attitude normale. Vous voyez toutefois ce pigeon exécuter quelques petits mouvements sur lesquels j'aurai l'occasion de revenir, et qui sont causés en partie par l'irritation de la plaie. Mais entrons dans notre sujet et commençons par la sensibilité.

#### I. — Rôle des hémisphères cérébraux relativement aux phénomènes de sensibilité.

L'excitabilité est une propriété commune de la matière organisée vivante. Il n'y a aucune molécule vivante qui ne soit excitable à sa façon et ne réponde d'une ou de plusieurs façons. Mais outre cette excitabilité des éléments anatomiques, il y a une excitabilité d'ensemble qui s'exerce quelquefois par une communication de proche en proche des éléments les uns aux autres, comme dans les végétaux et dans les animaux inférieurs, mais qui, chez la plupart des animaux, se transmet par l'intermédiaire d'éléments spéciaux. Chez eux, en effet, la transmission est dévolue au système nerveux. Les fibres nerveuses recueillent les excitations périphériques et les conduisent aux organes spéciaux de réaction, les centres nerveux. Tantôt les réactions se bornent à des phénomènes réflexes; alors l'animal n'a aucune conscience de ces réactions, et le cerveau y est étranger. Tantôt l'excitation arrive à la connaissance de l'animal, soit qu'il soit simplement averti de l'excitation et du mode d'excitation : ce sont les sensations normales; soit qu'il y ait un malaise plus ou moins intense, et ce sont alors les sensations plus ou moins douloureuses.

Or, pour que l'animal ait pleine conscience de ces phénomènes qui se manifestent en lui, il faut l'intervention d'une partie spéciale des centres nerveux, partie qui, chez les animaux supérieurs, constitue les lobes ou hémisphères cérébraux. Les impressions sont alors perçues, il y a perception. Mais entre le point où a lieu l'impression et celui où elle est perçue, il se passe divers phénomènes dont on doit tenir compte, si l'on veut avoir une idée quelque peu complète du mécanisme de la sensation.

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18 et 25 de la seconde.

Digitized by Google

L'impression fait entrer en activité l'appareil terminal du nerf sensitif, et cet appareil réagit à sa façon en excitant les fibres nerveuses. Celles-ci transportent aux centres nerveux, qui entrent eux-mêmes en activité, suivant les lois que je vous ai fait connaître, l'impression faite sur l'appareil terminal; il y a une excitation particulière du noyau d'origine des fibres sensitives, et c'est là sans doute que s'effectue une élaboration telle, que la sensation particulière est dès lors caractérisée, et qu'elle va se transmettre avec sa forme particulière au centre de perception. Des faits bien connus prouvent que ce n'est pas de la périphérie que les sensations tirent leurs caractères distinctifs. On sait en effet que l'excitation du nerf optique, produite directement dans le cours de certaines opérations, détermine des sensations lumineuses plus ou moins complexes; on sait aussi que les amputés reportent encore, pendant bien longtemps, à la périphérie absente les impressions produites dans le moignon de leur membre par des irritations morbides, et que, par une sorte d'illusion, ils éprouvent alors encore très-distinctement des douleurs ou des sensations variées dans telle ou telle partie de ce membre, dans le talon ou dans les orteils, par exemple. Comme je l'ai dit dans une autre leçon, les appareils périphériques ne sont que des appareils de perfectionnement qui permettent de recueillir des impressions plus ou moins délicates, plus ou moins nuancées. Ainsi donc l'impression, par l'intermédiaire du nerf sensitif, vient mettre en jeu les éléments du noyau d'origine de ce nerf. Est-elle ensuite transportée directement et comme d'un seul coup au centre perceptif, c'est-à-dire au cerveau proprement dit? Il me semble que l'expérimentation répond négativement. Cette impression arrive d'abord dans les régions antérieures de l'axe cérébro-spinal, dans l'isthme de l'encéphale, et là se passe certainement un phénomène intermédiaire difficile à caractériser, mais bien réel et de la plus haute importance. C'est là que la sensation s'achève, si l'on peut ainsi dire; c'est là qu'elle met en jeu les appareils de réaction sensitivo-motrice, réaction automatique à laquelle le MOI animal ne prend aucune part; et c'est de là que partent des éléments conducteurs à l'aide desquels les hémisphères cérébraux peuvent être mis en jeu à leur tour, lorsqu'il doit y avoir perception véritable. Ce mécanisme compliqué est bien tel que je l'indique, et peut-être sa complication est-elle plus grande encore.

C'est ainsi seulement que l'on peut comprendre comment les sensations paraissent survivre à l'ablation totale des hémisphères cérébraux. Sans doute, et sans périphrase, les animaux qui ont subi cette mutilation sentent encore, mais d'une façon inconsciente. Je puis vous donner une preuve très-convaincante de ce fait et vous montrer encore chez ces animaux des signes de douleur, des phénomènes auditifs, visuels, et très-probablement d'autres phénomènes sensoriaux. Voici un rat auquel on a enlevé les hémisphères cérébraux. Vous voyez qu'il reste dans l'immobilité la plus complète; mais si je viens à faire un bruit d'appel avec les lèvres, il saute brusquement, et prouve par cette émotion que les phénomènes auditifs se produisent encore chez lui. Le passage brusque d'un corps devant les yeux de ce pigeon, également privé de cerveau, lui fait exécuter un clignement des paupières, et même un mouvement de retrait de la tête; et ces mouvements, pour être moins accusés que le phénomène observé sur le rat, n'en sont pas moins très-nets et très-convaincants.

Il faut aller plus loin. Ce lapin, auquel on a enlevé non-seulement les hémisphères cérébraux, mais encore les corps striés, et qui ne possède plus que les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux, la protubérance annulaire et le bulbe rachidien, crie lorsque je lui pince la patte. Notez bien que son cri est plaintif et qu'il se répète plusieurs fois pour une seule excitation. Ce n'est plus là le cri réflexe qui semble exécuté par un joujou d'enfant, cri unique, qui se produit, comme par l'action d'une détente, lorsqu'on excite fortement un animal dont on a enlevé les centres nerveux encéphaliques, à l'exception du bulbe rachidien. Pour moi, ce lapin sent véritablement; il éprouve de la douleur, mais il n'en a pas conscience.

On ne saurait dire que les animaux privés des hémisphères cérébraux ont perdu les perceptions et n'ont conservé que des sensations brutes. On se perd dans de semblables distinctions qui n'ont aucune valeur, et dont les termes mêmes trompent et égarent l'esprit. Il n'y a de perception que lorsque la sensation est connue de l'animal. Dans ces cas dont je viens de vous montrer des exemples, il n'y a pas plus perception réelle que dans les cas où la moelle épinière est séparée de l'encéphale, lorsque l'animal, à l'occasion d'une excitation d'un des membres, exécute des mouvements coordonnés adaptés. Lorsque le cerveau seul est enlevé, les phénomènes de réaction qu'on observe sont du même ordre; seulement ils sont plus complexes et sont accompagnés de sensations plus ou moins distinctes. Avec cette théorie vous pouvez aussi expliquer comment dans de nombreux cas, lorsque l'attention est fixée ailleurs, des ébranlements sensitifs de diverse nature peuvent avoir lieu sans que la conscience en soit avertie.

Je me résume en un mot : sans hémisphères cérébraux, plus de MOI ANIMAL; il n'y a plus de perception, mais les sensations de toute nature persistent.

Un fait éminemment intéressant, c'est que ce cerveau qui est le siége des perceptions véritables est par lui-même totalement insensible, comme l'ont prouvé les expériences de Lory, de M. Flourens, et de tous les expérimentateurs depuis eux. Chaque fois que l'on détermine des convulsions ou des phénomèmes de douleur, c'est qu'on est allé exciter les pédoncules cérébraux.

Ainsi donc, comme l'a établi M. Flourens, et comme on doit l'admettre si l'on veut ne pas faire une confusion évidente, on *doit dire qu'un animal privé de ses lobes cérébraux a perdu toutes ses perceptions*, de quelque nature

Digitized by Google

qu'elles soient. Mais, je le répète, la sensibilité subsiste et se manifeste par toutes les réactions sensitivo-motrices qu'on peut observer dans l'état normal. Il faut bien le comprendre, ce qui est aboli alors relativement à la sensibilité, c'*est le pouvoir idéo-génétique des sensations :* il n'y a plus d'idées, par conséquent plus de mémoire. La soustraction des hémisphères cérébraux, c'est-à-dire du cerveau proprement dit, n'abolit qu'un ordre de fonctions, celles qui sont réunies par beaucoup d'auteurs sous le nom de *fonctions psychiques.*

### II. — Rôle des hémisphères cérébraux relativement aux mouvements spontanés, volontaires.

Ce rôle doit être le même chez tous les vertébrés; mais chez les mammifères supérieurs et adultes, et chez l'homme surtout, il paraît prendre une importance tout à fait exceptionnelle, ce qui est dû à des conditions dont la nature nous échappe en grande partie. On peut dire toutefois que ces conditions ne font probablement que nous voiler une analogie qui doit au fond être très-grande. Aussi pour l'étude de ce rôle faut-il prendre des animaux soit de classes inférieures, soit d'ordres moins élevés, et, surtout pour ceux-ci, de jeunes animaux.

Voici un chien qui a perdu un de ses hémisphères cérébraux. Il n'y a pas d'hémiplégie réelle; une semblable mutilation a encore une certaine influence sur la locomotion; mais vous allez la voir diminuer. Ainsi ce pigeon, qui est dans le même cas, semble être dans l'état normal. La progression se continue si l'on descend aux poissons ou aux reptiles.

M. Flourens a tiré de ses expériences sur toutes les classes de vertébrés cette conclusion, que l'ablation des lobes cérébraux «abolit sans retour tous les mouvements » *spontanés*, c'est-à-dire dus à une volonté expresse, à la » volonté même de l'animal. »

Des expériences instituées par Desmoulins, Gerdy, M. Bouillaud, les conduisaient à d'autres conclusions. Je laisse de côté Desmoulins, dont les idées sont trop exagérées. Ces auteurs admettent au contraire qu'un animal dépourvu de ses lobes cérébraux peut encore exécuter divers mouvements spontanés ou volontaires (Bouillaud); que l'animal est plongé dans une sorte de somnolence, dans un état de volonté paresseuse, mais qu'il n'a pas perdu toute manifestation de perceptivité et de volonté (Gerdy).

Examinons les faits sur lesquels on se fonde, et nous jugerons en connaissance de cause. Chez l'homme, on voit des mouvements associés; la cornée se dirige en haut et en dedans au moment du sommeil, les paupières se ferment, et les mains se ferment chez les enfants; chez une poule privée de cerveau, M. Flourens la voit changer de patte, secouer sa tête, la placer sous son aile pour dormir, agiter ses plumes, quelquefois même les aiguiser et les nettoyer avec son bec. On peut affirmer qu'il n'y a rien là que d'automatique. Je veux bien accorder que c'est un automatisme singulier; mais qu'importe : le mouvement de la respiration n'est-il pas tout aussi remarquable (et sans action réflexe, quoi qu'on en puisse dire) sans action volontaire bien certainement? Plusieurs des mouvements de l'animal peuvent s'expliquer par l'action réflexe, d'autres par des mouvements purement automatiques. Ne voit-on pas des mouches décapitées frotter leurs tarses les uns contre les autres par le mouvement le plus naturel.

Chez les mammifères, on observe parfois des mouvements machinaux de locomotion, mais semblables à des mouvements de ressorts. Il font plusieurs pas, s'arrêtent, recommencent ensuite. Il manque la spontanéité pleinement intentionnelle : c'est une locomotion sans but et inconsciente.

L'analyse est plus difficile chez les reptiles et les poissons. Cependant des faits observés par Dugé parlent dans le même sens. Nous ajouterons que nous avons fait des observations aussi concluantes chez la tortue.

Donc nous nous rallions pleinement à l'opinion de M. Flourens. Pour nous, la volonté est une manifestation exclusive d'activité cérébrale. Tous les mouvements qui ont pour point de départ, pour cause excitatrice plus ou moins directe, des idées actuelles ou des idées évoquées par la mémoire, toutes ces réactions qu'on pourrait à cause de cela nommer, avec M. Carpenter, *idéo-motrices*, tout cela a disparu chez les animaux privés du cerveau proprement dit. Les mouvements qui se produisent alors sont des résultats de phénomènes excito-moteurs ou sensitivo-moteurs.

L'action du cerveau sur les mouvements volontaires est croisée complétement chez l'homme, incomplétement chez les mammifères, plus incomplétement encore chez les oiseaux et les autres vertébrés.

Nous avons étudié le rôle des hémisphères cérébraux relativement à la sensibilité, et cette étude nous a fourni une confirmation des vues de M. Flourens. Cette confirmation expérimentale nous a montré ce fait si capital, à savoir que la sensibilité est un mode d'activité extra-cérébral. Mais c'est alors une sensibilité inconsciente, non perçue. Le *sensorium commune* est évidemment et exclusivement la partie de l'isthme encéphalique qui comprend les pédoncules cérébraux et la protubérance annulaire.

Nous avons commencé à étudier le rôle des lobes ou hémisphères cérébraux relativement aux mouvements volontaires. Je vous montre de nouveau les animaux privés de leurs hémisphères cérébraux, et je vous rappelle que M. Flourens a tiré de ses expériences des conclusions très-nettes. Il a prouvé qu'un animal privé de ses lobes cérébraux a perdu tous ses mouvements spontanés, « c'est-à-dire dus à une volonté expresse, à la volonté même de l'animal. » J'ai indiqué les objections faites à cette manière de voir, et je crois avoir démontré combien elles sont peu fondées.

Les mouvements qui se manifestent alors peuvent être

Digitized by Google

considérés comme automatiques, ce que vous accepterez facilement, maintenant que nous avons vu que l'automatisme est bien plus étendu et bien plus compliqué qu'on ne se l'imagine généralement.

Examinez attentivement ce coq auquel on a enlevé les hémisphères cérébraux; il est maintenant debout sur ses deux pattes; tout à l'heure, sans doute, il va fléchir une patte et la replier sous son aile pour se reposer; ou bien encore il va lisser ses plumes avec son bec. Si nous poussons l'animal, il fait quelques pas, puis s'arrête. Si l'on soulève ce coq, dès qu'il perd la sensation du sol, il étend les ailes et vole pour se maintenir et retomber sur ses pattes. Ces mouvements, surtout les premiers, ressemblent bien à de véritables mouvements volontaires; mais en réalité ils sont déterminés soit par excitation provoquée par un travail morbide dans la plaie, ou bien par la fatigue, ou encore par des impressions intérieures diverses. En un mot, ce sont des réactions automatiques et non volontaires.

Ces phénomènes s'observent aussi chez les mammifères privés de cerveau.

Chez ce jeune lapin qui vient d'être opéré, il y a aussi des mouvements qui pourraient passer pour volontaires. Dès qu'on le place à terre, il se met à courir; mais, je le répète, ce sont des excitations, soit extérieures soit intérieures, qui amènent ces résultats.

Cette grenouille, privée de lobes cérébraux, reste dans une immobilité parfaite; elle y demeurerait encore pendant des heures entières. Mais il est à ce sujet un fait bien intéressant que je dois vous rappeler. Si l'on jette cette grenouille dans un bassin rempli d'eau, on voit la grenouille se mettre à nager jusqu'à ce qu'elle ait atteint le bord de ce bassin; elle y grimpe et alors rentre dans une immobilité parfaite jusqu'à ce qu'une cause nouvelle vienne l'en déranger. Chez la salamandre, il semble, au premier abord, que l'opération n'a modifié en rien la locomotion; et, en observant celle que je vous présente, on croirait qu'elle n'a subi aucune mutilation et que ses mouvements sont encore spontanés.

Chez les poissons, l'étude est bien difficile; cependant observez celui que je place sous vos yeux et qui n'a plus de lobes cérébraux; il nage en tournant, le nez fixé sur les parois de ce vase; il continuera jusqu'à ce que la fatigue l'arrête; mais il n'a pas cette spontanéité capricieuse qui est le véritable indice de la volonté.

Il y a pour ces animaux, et peut-être pour les premiers, une comparaison à rappeler (elle a déjà été faite) entre les mouvements en apparence spontanés et peut-être tout à fait spontanés et les mouvements respiratoires qui, eux aussi, continuent en l'absence des lobes cérébraux et alors qu'on a supprimé les causes principales d'action réflexe auxquelles on pourrait les rattacher. Ce ne sont certainement pas des mouvements volontaires.

En un mot, nous nous rangeons complétement à l'avis de M. Flourens : les divers mouvements exécutés par les animaux privés de leurs lobes cérébraux ont perdu tout caractère instinctif ou volontaire. Il n'y a plus de trace de *spontanéité intentionnelle*.

Ces animaux, quelle que soit l'analogie entre les mouvements qu'ils exécutent après avoir eu les lobes cérébraux enlevés et leurs mouvements volontaires normaux, sont tout à fait incapables du moindre acte nécessaire, soit pour se procurer leur nourriture, soit pour satisfaire aux exigences de leurs autres instincts. Les volitions doivent être considérées comme étant exclusivement des manifestations de l'activité cérébrale.

De même qu'il se passe pour la sensibilité plusieurs phénomènes successifs et distants entre l'impression et la perception, de même dans le mécanisme du mouvement volontaire il y a plusieurs phénomènes successifs. D'abord la volition; mais ce n'est pas la volition qui agit directement sur le nerf moteur. Elle met en activité une partie des centres nerveux que l'on peut regarder comme le point central de départ des excitations motrices, le *motorium commune;* l'excitation transformée dans ce centre est transmise par telle ou telle partie de la moelle épinière, qui forme encore un intermédiaire, aux nerfs moteurs qui mettent en jeu les muscles.

Où siége ce *motorium commune?* Lorry le plaçait dans le bulbe rachidien; je crois qu'il faut le rapprocher du cerveau proprement dit. Du moins, pour les grands mouvements de locomotion, il paraît siéger dans la protubérance et les pédoncules cérébraux, comme le démontre l'expérimentation. Est-ce dans les amas de cellules qui portent, dans chaque pédoncule cérébral, le nom de *locus niger de Sœmmering*, comme le présume R. Wagner?

L'action des lobes cérébraux est croisée chez l'homme et chez les animaux supérieurs. Ce fait est très-net; cependant chez les animaux les lésions des lobes ne produisent que des traces d'hémiplégie. Chez les animaux, il est extrêmement difficile de produire ainsi une hémiplégie complète par une lésion de l'encéphale; et l'on peut même, d'une façon générale, dire que l'on ne peut y arriver.

Du reste, en étudiant de près les mouvements dits volontaires, on voit qu'il en est peu qui méritent ce nom, à proprement parler. Outre les phénomènes excito-moteurs et sensitivo-moteurs, il faut encore en retrancher la classe très-considérable des mouvements idéo-moteurs qui sont provoqués par des idées qui s'emparent plus ou moins complétement de l'esprit et entraînent des actes automatiques. Il faudrait en retrancher aussi un grand nombre de mouvements qui s'associent à d'autres ou les suivent par habitude. Chez les animaux ces divers phénomènes jouent un rôle très-important.

### III. — Rôle des hémisphères cérébraux relativement aux phénomènes intellectuels, instinctifs et affectifs.

Nous traiterons ce sujet, comme nous l'avons fait jusqu'ici, en physiologiste, et en nous appuyant autant que

Digitized by Google

possible sur l'expérimentation. Il y a des questions afférentes de psychologie que nous avons l'intention de laisser de côté; non pas qu'elles doivent être considérées comme étrangères à la physiologie, car la psychologie tout entière est du domaine de la physiologie. On sentira cette vérité de mieux en mieux, et elle fera un jour enfin sortir la philosophie des ornières scholastiques dans lesquelles elle se traîne encore aujourd'hui. Je suis obligé de passer ces questions sous silence, parce qu'il me faudrait, pour aborder ces questions, disposer d'un nombre de leçons plus considérable, car elles comportent un développement que je ne puis leur donner.

Relativement aux instincts, les faits d'anatomie comparée ne nous apprennent que peu de chose sur leur siége probable. Ni le volume des lobes cérébraux, ni l'étendue de leur surface, ni par conséquent le nombre et la profondeur de leurs circonvolutions ne paraissent en rapport avec la complication des instincts. Si l'on compare le cerveau du castor et celui du lapin, on n'y voit aucune différence bien saillante, pas plus de dépression chez l'un que chez l'autre, et cependant quelle différence capitale dans les instincts entre ces deux animaux. Il ne viendra à l'esprit de personne de mettre sur la même ligne le génie constructeur du castor et les instincts du lapin. D'après Leuret, la relation du poids de l'encéphale à celui du corps est, pour le lapin, de 1 à 140, et pour le castor, de 1 à 190. Avons-nous besoin de multiplier ces exemples? Vous connaissez tous l'instinct merveilleux des abeilles et des fourmis, si merveilleux qu'il semble déjà être de l'intelligence. Or, ces phénomènes se manifestent chez des animaux dont le cerveau est très-petit. On ne peut donc juger en rien de l'instinct par l'examen du cerveau.

L'expérimentation est plus riche en faits bien nets et bien évidents, et c'est à M. Flourens que nous devons d'avoir mis ces notions en lumière. Chez les animaux privés de cerveau, plus d'instinct de la propagation, comme l'avait vu déjà Magendie, comme nous l'avons observé sur des grenouilles, plus d'instinct de la nutrition. Cet instinct disparaît à tel point que non-seulement les oiseaux, privés de leurs lobes ou hémisphères cérébraux, ne mangent plus spontanément, mais qu'alors même qu'on leur introduit des aliments dans la cavité buccale, ils ne les avalent qu'à la condition qu'on les enfonce jusqu'au commencement du pharynx, où ils sont saisis par un mouvement réflexe de déglutition qui les entraîne. J'ai observé le même fait sur des mammifères, et il est surtout très-frappant chez les grenouilles, animaux qui peuvent se rétablir très-promptement. J'introduisais des mouches dans leur cavité buccale, et après un quart d'heure, une demi-heure, je les retrouvais encore, il me fallait les enfoncer jusqu'au fond de la cavité, et alors l'animal les avalait.

Il est à peine besoin de dire, après ce que je viens de vous rapporter, que les oiseaux n'ont plus l'instinct de se remiser, de même qu'ils perdent en même temps l'instinct de migration et de nidification, etc.

Donc nous pouvons énoncer que l'ablation des lobes cérébraux détruit tous les instincts, c'est-à-dire ces tendances automatiques qui, à certains moments, soit à la naissance, soit plus tard, après les métamorphoses, par exemple, deviennent les causes incitatrices impérieuses d'actes variés, plus ou moins compliqués, ayant pour but la conservation de l'individu ou celle de l'espèce.

Pour ce qui est des phénomènes affectifs, je serai très-bref. L'expérimentation ne peut pas ici nous être d'un grand secours. Les animaux chez lesquels ces phénomènes sont les plus apparents sont ceux-là mêmes qui ne supportent pas cette mutilation. Je suis bien persuadé que le chien privé de ses lobes cérébraux perdrait son sentiment affectif.

Nous devons ici avoir recours à l'anatomie pathologique éclairée par l'observation clinique. Nous voyons que la perversion des facultés affectives est un des résultats ordinaires des lésions cérébrales. Il y a tout un côté des émotions, le côté mental, qui doit être rapporté à la mise en activité du cerveau proprement dit, suivant un mode distinct et impossible à déterminer.

Lorsque j'ai cherché à montrer que les phénomènes réactionnels de l'émotion avaient pour point de départ la protubérance et le bulbe rachidien, j'ai bien précisé que je ne parlais que de ces réactions motrices, lesquelles peuvent se porter soit sur les nerfs céphalo-rachidiens, soit sur le système sympathique, soit à la fois sur les deux ordres d'organes. Si ces réactions peuvent être mises en jeu par un mécanisme réflexe, comme dans l'expérience du rat que je vous montrais dans la dernière séance, et comme cela a lieu souvent chez l'animal sain, elles sont souvent provoquées aussi par des phénomènes d'activité émotionnelle des lobes cérébraux, et dans ce dernier cas d'ailleurs, comme dans le premier, la réaction ne peut être considérée que comme automatique.

Bien des considérations psychologiques se rattacheraient à cet ordre de faits, c'est-à-dire à l'étude de tous les ordres d'activité affective du cerveau; mais je dois me borner à en avoir déterminé le siége dans les hémisphères cérébraux.

Je passe aux phénomènes intellectuels. Nous avons déjà vu deux ordres de phénomènes qui se rattachent à ce groupe, à propos de la sensibilité et des mouvements volontaires; en effet les perceptions et les volitions ne peuvent être envisagées autrement. Tout le monde sait que les autres phénomènes intellectuels principaux sont: l'attention, les idées, la mémoire, la réflexion, l'imagination, la comparaison, le jugement, le raisonnement, l'abstraction et la généralisation.

Je sortirais tout à fait du cadre que je me suis tracé si je me livrais à l'étude de ces divers phénomènes. Je veux montrer seulement qu'ils ont pour point de départ les lobes ou hémisphères cérébraux.

Ici l'anatomie comparée nous fournit des données

Digitized by Google

précieuses. Elle nous fait voir les lobes cérébraux subissant un accroissement de volume au fur et à mesure que l'intelligence se développe. Si l'homme n'est pas de tous les animaux celui qui a le cerveau le plus volumineux, d'une façon absolue, puisque la baleine, l'éléphant, le dauphin ont l'encéphale plus volumineux, son encéphale a les dimensions relativement les plus considérables Chez l'homme, le poids de tout le corps étant évalué, en moyenne, à soixante-cinq ou soixante-dix kilogr., le poids moyen de l'encéphale est de mille trois cent vingt-cinq grammes. Chez l'éléphant, le poids total montant à plus de quatre mille cinq cents kilog., le poids du cerveau est trois à quatre kilogrammes environ. Voici déjà une différence relative énorme en faveur de l'homme. Chez la baleine, dont le poids total peut être évalué à cent cinquante mille kilog. approximativement, le cerveau n'est pas beaucoup plus gros que celui de l'éléphant. Toutefois, je dois ajouter que quelques quadrumanes (saï, saimiri, ouistiti) l'emportent encore sur l'homme sous ce rapport. Chez eux le rapport du cerveau est de un vingt-deuxième, tandis que chez l'homme il est d'environ un trente-cinquième.

Il y a d'autres considérations dont il faut tenir compte. Si, en effet, on calcule la surface totale du cerveau, en déplissant, en quelque sorte, par la pensée, les circonvolutions, tout l'avantage resterait à l'homme. Il faudrait, en outre, calculer l'épaisseur de la substance grise, puisqu'elle est le siége de l'activité cérébrale. Enfin, une appréciation plus difficile encore à faire serait celle de la qualité de la substance grise, et des variations que peut éprouver sa structure. Ces problèmes ont leur importance; et, ce qui le prouve, c'est que la substance grise diminue notablement chez les idiots, en même temps que les lobes sont plus ou moins amoindris.

D'un façon générale, mais non absolue, chez l'homme, le volume de l'encéphale est en rapport avec le degré d'intelligence. Encore cette donnée est-elle très-peu exacte. Comme je vous l'ai dit, il ne s'agit pas seulement d'une question de quantité, de poids. Il faudrait que les pesées portassent sur le cerveau proprement dit. Si l'on compare des organes qui ne sont pas de même ordre, les données ne sont plus les mêmes; le cervelet peut être plus gros, et par cela même établir une sorte de compensation. Et par-dessus tout il faudrait tenir compte d'une donnée fondamentale et dont malheureusement on ne peut pas, aujourd'hui encore, réunir les éléments, à savoir les différences individuelles que doit présenter la structure de la substance grise. Je vais, comme démonstration, vous donner les poids du cerveau de quelques personnages illustres. On prétend que le cerveau de Cromwell pesait deux kilogrammes et deux cent trente et un grammes, et celui de lord Byron deux kilogrammes deux cent trente-huit grammes. Le poids moyen de l'encéphale de l'homme, à l'époque où il est le plus élevé, c'est-à-dire de vingt à quarante ans, est, d'après les statistiques de Rob-Boyd, de mille trois cent vingt-cinq grammes quatre-vingt-onze centigrammes. Quant à l'encéphale de la femme, au même âge, comme elle est de plus petite taille, on ne s'étonnera pas de le voir moins pesant; son poids est, d'après le même auteur, de mille deux cent vingt et un grammes dix centigrammes. On peut croire que le fanatisme anglais a exagéré ces nombres, ou bien que ces pesées ont été prises d'une manière irrégulière. Ces indications sont, du reste, regardées comme peu authentiques. Voici, au contraire, des évaluations certaines. Le cerveau de Cuvier pesait un kilogramme huit cent vingt-neuf grammes, et celui de Dupuytren un kilogramme quatre cent trente-six grammes. Je dois ajouter que l'on ne peut tirer des chiffres relatifs aux poids que des données très-incomplètes. Ainsi, la tête de certains hommes illustres avait un volume ne dépassant pas les dimensions moyennes; et, d'autre part, des pesées faites chez des aliénés, par Bergmann et Parchappe, ont donné comme maximum, au premier de ces auteurs, mille huit cent quinze grammes, et au second, mille sept cent cinquante grammes.

Ainsi l'anatomie tend bien à démontrer l'influence des lobes cérébraux dans les phénomènes intellectuels. L'expérimentation conduit à des résultats aussi très-nets. On peut dire, avec M. Flourens, que l'animal privé de cerveau est plongé dans un sommeil permanent, mais un sommeil *sans rêves*.

Concluons donc que les lobes cérébraux sont le siége exclusif de toutes les facultés intellectuelles. Toutes ces facultés ne sont que des manifestations des divers modes d'activité de la substance grise corticale des hémisphères cérébraux. Ce point de départ ainsi déterminé, il est facile de se rendre compte et du peu de trouble relatif que déterminent les lésions des parties blanches des hémisphères cérébraux dans les fonctions intellectuelles, et des perturbations si considérables produites dans ces mêmes fonctions par les lésions de la substance grise, dans les méningites, les paralysies générales.

E. Bremond.

---

Voici le sommaire du numéro de mai du *Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux*, dirigé par M. le professeur CHARLES ROBIN.

ROUDANOVSKY. Observations sur la structure des tissus nerveux d'après une nouvelle méthode.

H. JACQUART. De la valeur de l'os épactal, ou partie supérieure de l'écaille occipitale restée distincte, comme caractère de race en anthropologie.

CH. ROBIN. Sur le mode de reproduction des petits globes vitellins qui forment le blastoderme chez les mollusques et les hirudinées.

V. CORNIL. Contributions à l'histoire du développement histologique des tumeurs épithéliales (squirrhe, encéphaloïde, etc.).

MAREY. Études physiologiques sur les caractères du battement du cœur et les conditions qui le modifient.

ESTOR ET SAINTPIERRE. Du siége des combustions respiratoires. Recherches expérimentales.

ANALYSES ET EXTRAITS DE TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS. De l'origine et de la structure des kystes de l'ovaire, par Fox; analyse par M. *Perrier*. — Sur un système de canaux périvasculaires dans les organes nerveux centraux, et sur leurs rapports avec le système vasculaire, par M. His; analyse par M. *Vulpian*. — Recherches sur l'anatomie du *Phthirius inguinalis*, par M. Landois.

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 28. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 10 JUIN 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 11 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot :** Du rôle de la chaleur dans les combinaisons organiques. (suite). — Chaleurs de combinaison. — Influence des changements de température.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard :** XXIX et XXX. De l'antagonisme du curare et de la strychnine.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie** (Zoophytes). — Cours de **M. Lacaze-Duthiers :** VIII. Le Corail.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche :** L'azote.

Paris, 9 juin 1865.

Les communications présentées lundi dernier à l'Académie des sciences ont été moins nombreuses que d'habitude. Nous en citerons quatre seulement.

La première est un mémoire de M. Coulvier-Gravier sur les *bolides*.

La seconde est un travail fort intéressant sur la dilatation du diamant et du protoxyde de cuivre cristallisé. D'après ces recherches nouvelles, ces deux corps présenteraient, comme l'eau, un maximum de densité à un point déterminé.

M. Charles Sainte-Claire Deville a présenté une troisième lettre de M. Fouquié, relativement à l'éruption de l'Etna. La précédente était relative à l'orographie de l'éruption; celle-ci traite de la partie chimique.

Enfin M. Laugier a déposé sur le bureau un nouveau mémoire contenant les recherches exécutées sur la température de l'air et de l'eau pendant les campagnes faites par l'*Astrolabe* et la *Zélée*, sous les ordres de Dumont d'Urville, de 1837 à 1841. E. A.

### COLLÉGE DE FRANCE.

### CHIMIE ORGANIQUE.

COURS DE M. BERTHELOT (1).
(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### IV, V.

**Chaleurs de combinaison. — Influence des changements de température.**

Après avoir indiqué les divers appareils qui servent à mesurer les quantités de chaleur dégagées dans les réactions chimiques, il importe, pour fixer les idées, d'indiquer les principaux résultats auxquels on est parvenu et le degré de confiance qu'on peut leur accorder.

Ces résultats peuvent être diversement envisagés, suivant l'unité que l'on choisit.

On peut d'abord rapporter la chaleur dégagée à un même poids des substances sur lesquelles on opère, à 1 gramme, par exemple. Ainsi, 1 gramme de charbon, en se changeant en acide carbonique, dégage 8000 calories.

Mais ce chiffre ne donne en réalité qu'une idée incomplète du phénomène, car il faut faire aussi entrer en ligne de compte le poids de la substance comburante qui est ici l'oxygène et la nature du produit de la combustion.

1 gramme d'hydrogène dégage 34 500 calories, lorsque ce gramme se combine avec 8 grammes d'oxygène pour former de l'eau.

1 gramme de soufre en brûlant pour former de l'acide sulfureux, c'est-à-dire en s'unissant à 1 gramme d'oxy-

(1) Voyez le numéro précédent, pour le cours du premier semestre, les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.



Digitized by Google

gène, dégage seulement 2200 calories, mais s'il forme de l'acide sulfurique, $SO^3HO$ dégage environ 4000 calories.

| | | |
|---|---|---|
| 1 gramme de phosphore pour former | $PhO^5$.... | 5950 calories. |
| — de zinc..... | ZnO..... | 1300 — |
| — de chlore avec H..... | HCl..... | 670 — |

Ainsi, en prenant pour unité de poids 1 gramme de substance combustible, il est nécessaire d'indiquer le produit final qui résulte de la combustion.

On peut encore comparer les quantités de chaleur dégagées dans la combinaison, en prenant pour point de départ 1 gramme d'oxygène, c'est-à-dire du comburant. On obtient ainsi le tableau suivant, qui se déduit, du reste, de celui qui précède et qui donne lieu à des remarques intéressantes :

| | | |
|---|---|---|
| 1 gramme d'oxygène avec H..... | $(H^2O^2)$.... | 4300 calories. |
| — — avec C..... | $(CO^2)$..... | 3000 — |
| — — avec Ph..... | $(PhO^5)$.... | 4600 — |
| — — avec Zn..... | (ZnO)..... | 5300 — |
| — — avec Fe..... | $(Fe^3O^4)$.... | 4100 — |
| — — avec Sn..... | (SnO)..... | 4300 — |
| — — avec Cu..... | (CuO)..... | 2400 — |

On voit que 1 gramme d'oxygène en brûlant du fer, de l'étain, de l'hydrogène, dégage des quantités de chaleur peu différentes entre elles.

Mais quand l'oxygène peut se combiner en plusieurs proportions avec un corps, quelles sont les quantités de chaleur dégagées dans chaque cas? L'expérience indique que dans plusieurs cas ces quantités sont peu différentes. Exemple :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 gramme d'oxyg. | avec l'étain donne..... | (SnO) | 4300 calories. |
| | avec le protoxyde d'étain. | $(SnO^2)$ | 4360 — |

Même remarque avec le cuivre :

| | | |
|---|---|---|
| 1 gramme d'oxygène donne avec le cuivre. | $(Cu^2O)$ | 2300 calories. |
| — — avec le protoxyde de cuivre. | $(Cu^2O^2)$ | 2400 — |

Des faits analogues s'observent en chimie organique.

Cependant cette relation ne laisse pas que de souffrir quelques exceptions qui peuvent tenir à des causes fort différentes et qu'il est souvent difficile de pressentir. En voici un exemple très-remarquable et en même temps d'une haute importance dans l'industrie métallurgique; car ces nombres interviennent dans la réduction méthodique de l'oxyde de fer par le charbon, avec production d'acide carbonique ou d'oxyde de carbone, suivant les phases de l'opération :

| | |
|---|---|
| 1 gramme d'oxygène, avec le carbone de l'oxyde de carbone, produit..... | 1800 calories. |
| 1 gramme d'oxygène, en formant avec l'oxyde de carbone de l'acide carbonique, produit ..... | 4200 — |
| Diff. | 2400 — |

Voici un autre exemple qui nous présente un phénomène pareil au précédent; car c'est encore le composé le moins oxygéné qui dégage le plus de chaleur; 1 gramme d'oxygène, en formant de l'acide sulfureux avec le soufre, dégage une quantité de chaleur égale à 2200 calories, c'est-à-dire plus petite que celle qu'il produirait (3600) pour changer l'acide sulfureux en acide sulfurique.

Voici maintenant quelques chiffres qui ont trait aux composés organiques.

1 gramme d'oxygène, en brûlant du gaz des marais, dégage 3266 :

$$C^2H^4 + O^8 = C^2O^4 + 2H^2O^2.$$

Ici la quantité de chaleur dégagée est moindre que celle qui répond à la combustion des éléments.

Le gaz oléfiant dégage 3460 calories, à peu près la somme qui répond à ses éléments.

| | | |
|---|---|---|
| 1 gramme d'oxygène brûlant de l'éther dégage..... | | 3480 calories. |
| — — | alcool..... | 3300 — |
| — — | acide acétique.. . | 3280 — |
| — — | acide stéarique... | 3300 — |
| — — | essence de téréb.. | 3500 — |
| — — | blanc de baleine.. | 3300 — |

Tous ces nombres diffèrent peu entre eux, et il en est de même pour un très-grand nombre de substances organiques. Citons cependant, comme exception, l'éther méthylformique qui dégage 3900 calories, c'est-à-dire plus que ses éléments, et surtout l'acide formique, avec lequel 1 gramme d'oxygène produit 6000 calories, le double de la chaleur développée par le carbone.

Ces chiffres ne sont pas sans intérêt pratique, car ils mesurent les quantités de chaleur dégagées par un même volume d'oxygène ou d'air agissant sur divers combustibles.

Voilà déjà deux formes sous lesquelles on peut représenter les chaleurs dégagées dans les combinaisons.

En voici une troisième qui est préférable dans les études de chimie théorique; elle consiste à rapporter la chaleur à l'équivalent des corps formés.

On a ainsi les chiffres suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Formation avec les éléments : | | |
| de l'eau..... | $(H^2O^2 = 18$ gram.).. | 69 000 calories. |
| de l'acide carbonique.... | $(C^2O^4 = 44)$..... | 94 000 — |
| de l'acide sulfureux..... | $(S^2O^4 = 64)$..... | 71 000 — |
| de l'acide phosphorique.. | $(PhO^5 = 71)$..... | 184 500 — |
| du protoxyde d'étain.... | (EnO = 67)..... | 34 000 — |
| du bioxyde d'étain..... | $(EnO^2 = 75)$..... | 68 900 — |
| de l'oxyde de zinc..... | (ZnO = 40,5)..... | 42 400 — |
| du protoxyde de cuivre.. | $(Cu^2O = 71,4)$..... | 18 300 — |
| du bioxyde de cuivre... | (CuO — 39,4)..... | 19 100 — |
| de l'acide chlorhydrique. | (HCl)..... | 23 800 — |
| du chlorure de potassium. | (KCl)..... | 103 800 — |
| du chlorure de zinc..... | (ZnCl)..... | 49 800 — |
| du bichlorure d'étain.... | $(EnCl^2)$..... | 63 700 — |
| Etc., etc. | | |

On voit que les quantités de chaleur sont différentes lors de la formation de ces composés.

Des considérations analogues s'appliquent aux autres réactions. En mêlant 1 équivalent de potasse hydratée et dissoute avec de l'acide sulfurique étendu, il se dégage environ 16 100 calories.

| | |
|---|---|
| Avec l'acide azotique..... | 15 500 calories. |
| Avec — chlorhydrique (HCl)..... | 15 700 — |
| Avec — acétique $(C^4H^4O^4)$..... | 14 000 — |

Ainsi, lorsqu'une même base en dissolution se combine avec des acides différents et suffisamment étendus pour éviter toute complication, les quantités de chaleur diffèrent peu; la valeur moyenne est de 15 000

Digitized by Google

alories pour 1 équivalent de potasse, de soude, de chaux, de baryte, d'ammoniaque, etc.

Comme le travail à effectuer pour opérer la décomposition est égal à celui qui détermine la combinaison, il résulte des faits ci-dessus que pour décomposer les différents corps il faut des quantités de chaleur fort différentes; ainsi, pour décomposer 18 grammes d'eau, il faut un travail deux fois plus considérable que pour décomposer 67 grammes de protoxyde d'étain.

On voit aussi que l'hydrogène devra réduire aisément l'oxyde de cuivre avec formation d'eau.

En thèse générale, on peut dire que la décomposition d'un composé est possible par un corps déterminé quand celui-ci, en se combinant avec l'un des éléments du composé, dégagera plus de chaleur que le corps qu'il déplace.

Voici un exemple frappant de cette proposition :

| | |
|---|---|
| Le chlore en se combinant avec H dégage..... | 23 800 calories. |
| — — avec K..... | 103 800 — |

Les métaux alcalins décomposeront donc facilement l'acide chlorhydrique, ce qui a lieu, en effet. Cela tient à ce que le travail produit dans cette réaction est beaucoup plus considérable que celui qui est nécessaire pour effectuer la décomposition de l'hydracide; il en résulte enfin qu'il y aura un grand dégagement de chaleur.

Il ne faut pas cependant vouloir tirer de ces considérations un principe absolu, puisqu'il y a souvent production, par des causes diverses qu'il serait trop long de signaler ici, d'un travail accessoire qui vient modifier celui des affinités.

Examinons maintenant quelle est la valeur expérimentale de tous les nombres que nous venons de citer.

Pour juger cette question, il suffit de comparer les nombres donnés par divers expérimentateurs dignes de confiance pour ces mêmes corps.

Soit d'abord l'hydrogène. Voici les nombres des auteurs :

| | |
|---|---|
| Dulong..... | 34 743 |
| Hess..... | 34 792 |
| Favre et Silbermann..... | 34 462 |
| Grassi..... | 34 660 |
| Andrews..... | 33 808 |

Il y a ici une divergence qui équivaut à environ 3 pour 100 du chiffre total, ou 1 1/2 de la moyenne.

Pour le carbone, les nombres qui ont été donnés devront être partagés en deux séries. Lavoisier et Laplace avaient trouvé pour la combustion de 1 gramme de carbone le chiffre 7200, nombre déjà relativement exact. Mais ces expérimentateurs et ceux qui les suivent immédiatement n'avaient pas reconnu une cause d'erreur qui joue ici un grand rôle, comme l'ont fait voir MM. Favre et Silbermann : il y a toujours dans la combustion du carbone formation d'oxyde de carbone, et comme ce corps en brûlant dégage de la chaleur, il en résulte que si l'on néglige cette production, on arrive à une évaluation trop basse.

Il y a, de plus, une autre cause de perturbation signalée également par MM. Favre et Silbermann, c'est que le carbone, suivant son état moléculaire, dégage des quantités de chaleur variables :

| | |
|---|---|
| Diamant..... | 7770 |
| Graphite..... | 7770 |
| Charbon de bois purifié..... | 8080 (Favre et Silbermann). |

M. Despretz a donné les deux nombres suivants : 7815, 7912.

Donnons encore un exemple ou deux :

| | |
|---|---|
| 1 gr. d'oxyde de carbone produit : | 2 634 (Dulong). |
| — — | 2 403 (Favre et Silbermann). |
| — — | 2 431 (Andrews). |
| 1 gr. d'essence de téréb. produit : | 10 836 (Dulong). |
| — — | 10 852 (Favre et Silbermann). |
| — — | 10 496 (Grassi). |

Ces nombres suffisent pour indiquer le degré de précision qu'on doit accorder à toutes les déterminations de ce genre.

Abordons maintenant cette question capitale : à quelle cause faut-il attribuer le dégagement de chaleur qui se manifeste dans les réactions chimiques?

Plusieurs hypothèses ont été émises sur ce point de la science.

Au XVIII^e siècle, jusqu'à Lavoisier, on admettait que les corps combustibles étaient formés par la combinaison de certains éléments avec le phlogistique : ce phlogistique en se séparant des corps donnait lieu à un dégagement de chaleur.

Lavoisier admit à son tour que la chaleur et la lumière étaient des éléments ; ainsi le corps oxygène était le résultat de la combinaison de l'élément oxygène avec une certaine quantité de l'élément calorique; même constitution pour l'hydrogène, etc.; l'hydrogène en se combinant avec l'oxygène abandonnait, ainsi que ce dernier, la plus grande partie de son calorique.

Plus tard, on voulut préciser davantage la question et on rapporta la chaleur dégagée à la chaleur spécifique des corps, mais cette explication, n'ayant donné lieu à aucune conception générale, a été bientôt abandonnée.

Berzelius admit une autre hypothèse : il supposa que les corps simples étaient des éléments associés à des électricités différentes. Lorsque l'hydrogène se combine avec l'oxygène, par exemple, l'électricité positive du premier se combine avec l'électricité négative du second, et de cette combinaison, pour Berzelius, résulte le dégagement de chaleur et de lumière. Cette théorie est aujourd'hui abandonnée.

Maintenant on envisage la chaleur comme l'expression de phénomènes purement mécaniques : au moment d'une combinaison chimique il y a précipitation des molécules les unes sur les autres avec une grande vitesse, par suite de leur attraction mutuelle. En dernière analyse, il y a donc là quelque chose d'analogue à ce phénomène qui consiste à dégager de la chaleur en frappant une enclume avec un marteau. Chacun sait

Digitized by Google

qu'un boulet s'échauffe au point de devenir incandescent quand il vient frapper un navire cuirassé. D'où vient cet énorme dégagement de chaleur, si ce n'est de la transformation de la force vive du boulet au moment du choc?

C'est à une conception de ce genre que l'on doit rapporter les dégagements de chaleur qui se manifestent dans les combinaisons; on admet que les phénomènes thermochimiques sont dus à certaines transformations de mouvements qui s'exécutent au sein des molécules lorsqu'elles se précipitent les unes sur les autres pour former des assemblages nouveaux, tandis que la masse est invariable, qu'elle est toujours la somme des masses initiales qui s'unissent, il y a, au contraire, des perturbations profondes dans les mouvements dont sont douées les molécules, d'où résulte un dégagement ou une absorption de chaleur, suivant les cas. Tout rentre ainsi dans une conception mécanique des phénomènes.

Mais ces phénomènes moléculaires sont beaucoup plus délicats que ceux qui relèvent de la mécanique ordinaire, tels que les mouvements des corps célestes; il en résulte que leur étude systématique est aussi beaucoup plus difficile. Cette étude néanmoins a été singulièrement facilitée par les développements récents qui ont été donnés à la théorie mécanique de la chaleur.

Il est démontré aujourd'hui qu'il y a une relation directe entre la chaleur et le travail produit dans les machines ordinaires. Toutes les fois qu'une certaine quantité de chaleur disparaît, il y a production d'un travail correspondant, et, réciproquement, si une certaine quantité de travail ne se retrouve pas, il y a dégagement d'une quantité de chaleur proportionnelle. Les deux ordres de phénomènes sont donc équivalents. Ceci est démontré pour le travail extérieur et sensible des machines, et nous regarderons comme légitime d'étendre les mêmes notions au travail moléculaire, bien que l'on ne puisse en mesurer directement la grandeur.

Ceci posé, toutes les fois qu'il y a chaleur dégagée dans une réaction chimique, nous regarderons cette chaleur comme équivalente à une certain travail intérieur. A ce point de vue, les quantités de chaleur dégagées dans les réactions chimiques prennent une signification précise et une importance fondamentale; car elles sont la mesure du travail qu'il faudrait accomplir pour opérer les décompositions et généralement les réactions réciproques.

Abordons maintenant un principe fondamental qui domine en quelque sorte toute la question et qui trouve de nombreuses applications en chimie organique : c'est le principe de l'*équivalence calorifique des transformations chimiques*.

Citons d'abord des exemples, puis nous formulerons le principe général.

6 gr. de carbone avec 8 gr. d'oxygène donnent ($C^2O^2$) 14 gr.
14 gr. d'oxyde de carbone et 8 gr. — — ($C^2O^4$) 22 gr.

Prenons maintenant 6 grammes de carbone et brûlons cette quantité dans de l'oxygène, de manière à la transformer directement en acide carbonique :

$$6 \text{ gr. } C + 16 \text{ gr. } O = 22 \text{ gr. } (C^2O^4).$$

Eh bien, la quantité de chaleur dégagée dans la formation de l'oxyde de carbone, ajoutée à la chaleur dégagée dans la combinaison de ce dernier corps avec l'oxygène est précisément égale à la chaleur dégagée lors de la transformation directe des 6 grammes de carbone en acide carbonique. Bref, quel que soit le cycle des combinaisons intermédiaires, la chaleur dégagée reste la même. Ce principe est confirmé par l'expérience.

En effet, quand on brûle du carbone, on obtient un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone; or, il est facile de faire varier à volonté le rapport de ces deux quantités; connaissant d'ailleurs les quantités de chaleur dégagées lors de la production de ces mélanges divers, il devient facile de vérifier notre principe fondamental. On trouve une nouvelle vérification dans la mesure directe de la chaleur de combustion de l'oxyde de carbone.

Dans tous les cas, on doit trouver, et l'on trouve en effet, soit par le calcul, soit par l'expérience, une même valeur numérique pour cette chaleur de combustion.

Voici un autre exemple :

L'acide sulfurique étendu, traité par le zinc, donne du sulfate de zinc et de l'hydrogène libre. Pour 1 équivalent de zinc, l'expérience donne 18 500 calories.

$$SO^3,HO + Zn = SO^3ZnO + HO.$$

Or, nous pouvons arriver au même résultat en suivant une autre marche :

$$Zn + O = ZnO,$$
$$ZnO + SO^3HO = ZnO,SO^3 + HO,$$
$$HO = O + H.$$

Le zinc en se combinant à l'oxygène donne 42 400 calories, et l'oxyde de zinc avec l'acide sulfurique étendu donne 10 500 calories.

Par conséquent on a pour la chaleur totale de formation du sulfate de zinc dissoute :

$$10\,500 + 42\,400 = 52\,900.$$

D'autre part, le dégagement d'hydrogène libre est une décomposition qui absorbe 34 500 calories; il faut donc retrancher cette quantité, ce qui donne pour la chaleur dégagée réellement :

$$52\,900 - 34\,500 = 18\,400.$$

Ainsi la quantité de chaleur déduite de la théorie, c'est-à-dire en s'appuyant sur notre principe fondamental, concorde aussi bien que possible avec la chaleur observée directement. Donc, que le sulfate de zinc provienne de l'action successive de l'oxygène sur le zinc, puis de l'oxyde de zinc sur l'acide sulfurique, ou bien de l'action du dernier corps sur le zinc, la chaleur produite reste exactement la même.

Les mêmes résultats ont été vérifiés dans une multitude de réactions, d'où résulte ce principe général :

Digitized by Google

Étant donné un système de corps simples ou composés, pris dans des conditions déterminées, si le système éprouve des changements physiques et chimiques, capables de l'amener à un nouvel état, la quantité de chaleur dégagée ou absorbée par l'effet de ces changements dépend uniquement de l'état initial et de l'état final du système : elle est la même, quelle que soit la nature et la suite des états intermédiaires.

Tel est le théorème fondamental qui domine toute la thermochimie. — Il est donné ici comme un résultat de l'expérience.

Ce théorème du reste peut se démontrer d'une autre manière, et à priori en remarquant qu'il est une conséquence immédiate de la théorie mécanique de la chaleur. En effet, s'il est admis que les quantités de chaleur dégagées dans les réactions d'un système représentent les travaux qu'il faudra accomplir pour ramener le système à son état initial, nous pouvons appliquer le principe général de la mécanique, celui des forces vives. Or, d'après ce principe, étant donné un état primitif d'un système, pour l'amener à un état final déterminé, le travail nécessaire à la transformation doit toujours rester le même, quelle que soit la route suivie pour arriver au résultat final.

Ce principe a été aperçu depuis longtemps en thermochimie; mais faute de le concevoir dans toute sa rigueur, on a souvent été conduit à des résultats inexacts.

Signalons quelques-unes de ses conséquences :

1° La chaleur absorbée dans une décomposition est précisément égale à la chaleur dégagée lors de la formation du composé, pourvu que l'état initial et final soient les mêmes.

2° La quantité de chaleur dégagée dans une suite de réactions est la somme des quantités dégagées dans chaque réaction prise isolément.

3° Il faut comparer les corps à la même température et dans le même état.

4° Il faut tenir compte des phénomènes mécaniques qui peuvent se produire pendant la transformation. C'est ainsi que la combustion de la poudre à l'air libre, dégagera plus de chaleur que dans un canon où elle chasse un projectile.

5° Dans la combustion des gaz, il faut que les corps brûlent sans vitesse appréciable, car s'ils sont animés d'une certaine vitesse, celle-ci en s'anéantissant donne lieu à un dégagement de chaleur qui vient s'ajouter à celle que l'on veut déterminer.

6° Au contraire, la chaleur dégagée par des gaz qui ne possèdent aucune vitesse au moment de la combinaison est indépendante de la pression à laquelle les corps peuvent être soumis, du moins dans le cas des gaz parfaits. Nous reviendrons sur ces diverses conséquences.

Nous allons nous occuper des effets produits sur les corps par une élévation graduelle de température. Ces effets peuvent être de deux ordres : physiques ou chimiques, et les derniers se compliquent toujours des premiers. C'est pourquoi, avant d'examiner ce qui se passe dans un système dans lequel se produit une réaction chimique, examinons d'abord la succession des changements physiques produits par la chaleur agissant sur un corps simple.

Soit donc un corps simple, l'iode. En chauffant ce corps, il fond d'abord, puis il se volatilise, comme il est facile de s'en convaincre ; en examinant de plus près ces changements d'états, on peut les analyser et voir comment la chaleur agit dans ces transformations successives.

1 gramme d'iode solide a pour chaleur spécifique moyenne 0,054, c'est-à-dire que pour élever sa température de 1 degré, il faut que ce gramme absorbe 0,054 calories. Les choses se passent ainsi jusqu'au moment où l'iode entre en fusion.

Sa chaleur latente de fusion est égale à 1,17 calories; c'est la quantité de chaleur absorbée au moment où l'iode fond.

Ce corps liquéfié possède une chaleur spécifique égale à 0,1082, c'est-à-dire que pour élever d'un degré sa température de 1 gramme d'iode liquide, il faut lui communiquer 0,1082, quantité sensiblement double de celle qui répond à l'état solide.

On atteint ainsi la température d'ébullition (178 degrés). A ce moment, 1 gramme d'iode absorbe 23,9 calories et prend l'état gazeux.

Sa température continue ensuite à s'élever, à la condition de fournir à l'iode gazeux des quantités de chaleur déterminées par sa chaleur spécifique. Celle-ci peut être évaluée avec probabilité à 0,035. C'est la quantité de chaleur absorbée par 1 gramme d'iode gazeux pour élever sa température de 1 degré.

Tels sont les changements successifs qu'un corps simple ou composé peut éprouver quand on le chauffe graduellement, et les quantités de chaleur qu'il absorbe dans ses divers états. Toutes ces notions sont importantes quand on veut analyser les phénomènes qui se passent dans les réactions chimiques.

Voici un autre exemple. D'après M. Regnault, la glace a une chaleur spécifique égale à

0,45 entre — 80 et — 20 degrés.
0,50 entre — 20 et 0 degré.

Vous voyez que la chaleur spécifique de l'eau solide s'accroît avec la température, et c'est là un fait très-général.

On l'observe également avec presque tous les liquides. L'eau absorbe pour fondre 79 calories :

| | |
|---|---|
| A 0 degré, elle a pour chaleur spécifique..... | 1. |
| A 100 ..... | 1,013. |
| A 200 (sous une pression de 15 atmosph. et demie).. | 1,044. |

Ici la différence est peu sensible, mais avec d'autres liquides l'alcool, par exemple, les différences sont plus grandes.

Digitized by Google

| | | |
|---|---|---|
| Alcools : | vers — 20 degrés, chaleur spécifique..... | 0,505. |
| | 0 ..... | 0,547. |
| | 20 ..... | 0,595. |
| | 80 ..... | 0,769. |

L'augmentation a donc été de moitié environ pour une augmentation égale à 100 degrés.

Mêmes variations quand on s'applique à déterminer la chaleur spécifique des gaz à des températures très-différentes.

La chaleur spécifique de la vapeur d'eau jusqu'à 200 degrés est égale à 0,48, la moitié de celle de l'eau liquide; elle s'accroît sans doute avec l'élévation de la température.

Du moins, M. Regnault a trouvé les résultats suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Chaleur spécique de l'acide carbonique gazeux : | vers — 30 degrés..... | 0,187. |
| | 100 ..... | 0,214. |
| | 200 ..... | 0,240. |

A mesure cependant que la température d'un gaz s'élève, les variations doivent devenir de moins en moins grandes, et la théorie indique que les résultats convergeraient vers une limite qui serait la vraie chaleur spécifique du corps à l'état gazeux parfait, et qui serait indépendante de la température.

C'est ce que l'on observe, en effet, avec les gaz permanents, l'oxygène, l'azote, l'hydrogène : leurs chaleurs spécifiques, sensiblement constantes aux diverses températures, et même sous diverses pressions. L'expérience le prouve, surtout pour l'hydrogène qui doit être considéré comme le type des gaz parfaits; la chaleur spécifique de ce gaz est indépendante, et de la température et de la pression.

Ainsi la chaleur spécifique d'un corps, lorsqu'il est réduit à l'état gazeux, tend vers une limite qui est la vraie chaleur spécifique de ce corps.

Toutes ces notions doivent entrer en ligne de compte quand il s'agit de discuter les chaleurs dégagées dans les combinaisons.

Examinons maintenant ce qui est relatif, non pas à un corps isolé, éprouvant seulement des changements physiques, mais à un système de corps pouvant réagir les uns sur les autres sous l'influence d'une élévation de température.

Chauffons, par exemple, un mélange d'hydrogène et d'oxygène. Il y aura d'abord une absorption de chaleur déterminée par les chaleurs spécifiques des deux gaz, puis à une certaine température, comprise entre 400 et 500 degrés, la combinaison aura lieu avec explosion et dégagement de chaleur considérable.

Cette réaction, opérée subitement entre 400 et 500 degrés, n'a pas lieu à une température notablement plus basse, sous l'influence du temps. C'est ce que j'ai vérifié en maintenant à 200 degrés, pendant un nombre d'heures considérables, un mélange d'oxygène et d'hydrogène contenu dans un tube scellé. Voici comment on dispose cette expérience. Il ne serait pas possible de sceller à la lampe un tube contenant le mélange tout fait; mais on réussit en introduisant dans un tube de verre un autre tube plus étroit, scellé à l'avance et rempli d'oxygène; on effile alors ce grand tube extérieur, on le remplit d'hydrogène, et on le ferme à son tour à la lampe; on s'arrange du reste pour avoir à peu près deux volumes d'hydrogène pour un volume d'oxygène. On brise le tube intérieur à l'aide d'une légère secousse et en portant le tout à 200 degrés, on n'observe aucune réaction. On conçoit qu'en augmentant graduellement la température du mélange on puisse arriver à déterminer avec précision la température à laquelle la combinaison s'effectue.

Ainsi, dans la plupart des cas, et dans des conditions données, il faut une certaine température pour déterminer telle réaction déterminée; au-dessous de cette température, aucune réaction ne se manifeste. Il en résulte, par exemple, qu'une réaction qui se produit à la température ordinaire, n'aura plus lieu à une température suffisamment basse. C'est ce qui a lieu pour le chlore et l'antimoine refroidis à — 80 degrés, par exemple. A cette température, la plupart des affinités paraissent suspendues.

Cependant il existe un certain nombre de cas où le temps détermine peu à peu les réactions, et où l'influence de la température s'exerce surtout sur la vitesse plus ou moins grande de la combinaison ou de la décomposition. Je citerai comme exemple la réaction de l'acide bromhydrique gazeux sur le mercure, laquelle s'effectue rapidement à une haute température, et dans l'espace de quelques minutes à la température ordinaire; de même la formation des éthers, etc.

Il y a donc des réactions *instantanées* et des réactions *progressives*.

Il est facile de faire voir que les températures auxquelles se produisent les réactions instantanées sont très-diverses. Voici de l'éther, plongeons-y un charbon chauffé, il n'y aura pas d'action chimique; portons ensuite ce charbon dans une petite soucoupe contenant du sulfure de carbone, et immédiatement l'inflammation se manifeste : ce liquide réagit donc sur les éléments de l'air à une température plus basse que l'éther.

La température nécessaire pour produire une réaction peut varier en raison de diverses circonstances, dont voici quelques-unes.

1° *La pression.* — L'hydrogène phosphoré ne se combine pas à froid avec l'oxygène sous la pression ordinaire, mais si l'on raréfie le mélange, l'inflammation a lieu aussitôt.

2° *La cohésion.* — Chacun sait que du fer très-divisé, tel qu'on l'obtient en réduisant son oxyde par l'hydrogène à une basse température, peut s'enflammer spontanément à l'air, tandis que le fer ordinaire ne s'oxyde même pas dans l'air sec.

3° *Les actions de contact.* — L'oxygène, qui ne se combine à l'hydrogène que vers 500 degrés, s'y combine à la température ordinaire quand on porte au sein du mélange de la mousse de platine. Ce n'est pas là d'ailleurs une

Digitized by Google

propriété spéciale au platine, car d'autres corps peuvent jouer un rôle analogue ; c'est ainsi qu'une lame d'or peut déterminer la combinaison du mélange quand on la chauffe vers 100 degrés ; d'autres métaux n'agissent que vers 200 degrés, etc.

Il est probable, d'après cela, qu'il sera toujours difficile d'apprécier exactement la température à laquelle doit se faire réellement une combinaison, par la seule influence des affinités des éléments : car une foule de circonstances, dont il est impossible de calculer les effets, comme la pression, les parois des vases, etc., peuvent exercer une influence plus ou moins grande.

Voici maintenant une autre question capitale qui se présente lorsqu'il s'agit des corps composés ; à quoi est égale leur chaleur spécifique? l'expérience indique qu'en général, dans les composés gazeux, elle est soit égale, soit inférieure à la somme de celle des composants, prise sous le même poids.

Ainsi la chaleur spécifique d'un équivalent de bioxyde d'azote est précisément égale à la somme de celle de l'azote et de l'oxygène.

Au contraire, la chaleur spécifique de la vapeur d'eau :

Entre 120 et 220 degrés, est égale, par 18 gr. à $0,48 \times 18 =$ 8,64.
Celle des éléments étant égale à..... 10,30.

Mais dans ce dernier cas, la chaleur spécifique paraît augmenter peu à peu, de façon à se rapprocher de plus en plus de la somme des chaleurs spécifiques des éléments pris sous le même poids.

C'est ce qui arrive par exemple avec l'acide carbonique.

La quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré 1 gramme d'acide carbonique, varie de 0,187 vers 30 degrés, jusqu'à 0,240 vers 200 degrés. Si nous admettons qu'à ce moment elle est devenue sensiblement constante, nous pouvons reconnaître qu'elle est la somme des chaleurs spécifiques de l'oxyde de carbone et de l'oxygène, dont l'union constitue l'acide carbonique :

$$C^2O^2 + O^2 = C^2O^4.$$

En effet, la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré :

| | | |
|---|---|---|
| 28 grammes | d'oxyde de carbone est égale à..... | 6,86. |
| 16 — | d'oxygène..... | 3,47. |
| | Somme..... ..... | 10,33. |

Pour 44 grammes d'acide carbonique à 200 degrés, la même somme est égale à 10,5.

Ces nombres peuvent être regardés comme égaux.

En général, j'appellerai *chaleur spécifique atomique*, la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré un équivalent d'un corps simple ou composé. C'est le produit de l'équivalent par la chaleur spécifique ordinaire (c'est-à-dire rapportée à l'unité de poids).

Lorsqu'après avoir réduit un corps à l'état gazeux, on continue à le chauffer, sa température augmente graduellement et avec des absorptions de chaleur définies par les variations de sa chaleur spécifique ; jusque-là, rien de plus naturel. Mais quand il s'agit des corps composés, un autre ordre de phénomènes intervient : en effet, il arrive un moment où la chaleur agit autrement, en amenant la séparation des éléments, la destruction du composé, et ce phénomène est général.

On admet donc que toute combinaison peut être détruite par la chaleur, de telle sorte que celle-ci joue en quelque sorte un double rôle : elle détermine d'abord la formation des combinaisons, puis leur destruction. On en possède un exemple frappant dans l'action de l'oxygène sur le mercure : la combinaison, qui a lieu vers 350 degrés, se détruit vers 500 degrés, avec régénération d'oxygène. De même l'eau formée à une certaine température se résout en éléments à une température plus haute, telle que celle qui répond à la fusion du platine.

Pour se rendre un compte exact de ces nouveaux phénomènes, il faut distinguer deux cas :

1° La combinaison d'abord formée, puis détruite par la chaleur, se reproduit de nouveau quand la température baisse graduellement. Tel est le cas de l'oxygène et de l'hydrogène. C'est ce que nous appelons une *action chimique réversible*.

2° La combinaison étant détruite par la chaleur, les éléments ne se réunissent plus quand la température s'abaisse. Dans ce cas le composé ne peut être formé par la chaleur seule, et à moins de faire intervenir des conditions spéciales.

C'est ce qui a lieu pour l'ammoniaque. De même quand on fait passer du gaz des marais dans un tube chauffé au rouge, température à laquelle il se décompose, on n'obtient dans les parties froides de l'appareil qu'un dépôt de charbon et un dégagement d'hydrogène, sans qu'il y ait réaction inverse et recombinaison des éléments. C'est ce que nous appellerons une *action non réversible*.

Ces deux cas sont très-distincts et demandent à être étudiés séparément.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### XXIX et XXX.

**De l'antagonisme du curare et de la strychnine.**

Nous devons maintenant examiner les faits thérapeutiques relatifs à l'emploi du curare. Ces faits sont, du reste, très-peu nombreux, car il y a quelques années à peine qu'on a commencé des expériences à ce sujet dans les hôpitaux.

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 2 et 27.

Digitized by Google

A la suite des expériences de M. Claude Bernard qui ont clairement établi l'action physiologique du curare sur le système nerveux moteur, on a été naturellement conduit à essayer cette substance contre un certain ordre de maladies, qui se traduisent par des convulsions. Mais le symptôme convulsif peut avoir trois points de départ distincts, le nerf sensitif, le nerf moteur et enfin le muscle. Les convulsions idio-musculaires sont assez contestables, comme convulsions générales, et dans tous les cas fort rares; les convulsions par action sur les nerfs moteurs ne se manifestent pas en général dans toutes les parties du corps à la fois. Quant aux convulsions par action sur le nerf sensitif, elles sont ordinairement générales, mais elles se traduisent néanmoins toujours par une réaction du nerf sensitif sur le nerf moteur.

Il était donc naturel, pour combattre ces convulsions de chercher à agir sur les nerfs moteurs, et dès lors le curare se présentait immédiatement à la pensée.

Le premier médecin qui ait essayé l'action du curare dans ces conditions, c'est M. Vella, actuellement professeur de physiologie en Italie et ancien élève de M. Claude Bernard. Chargé d'une ambulance à Turin pendant la dernière guerre d'Italie, M. Vella employa le curare pour combattre les effets du tétanos. Les faits qu'il a recueillis et publiés sont favorables à l'emploi du curare dans le tétanos.

M. Vella a envoyé à l'Académie des sciences de Paris les résultats de ses expériences faites avec le plus grand soin et dignes d'une entière confiance.

Un malade traité par M. Vella avait reçu une blessure d'arme à feu, et c'est seulement après la fermeture de la blessure que le tétanos se manifesta chez lui. On rouvrit la blessure en appliquant sur elle des compresses imbibées d'une dissolution faible de curare. La guérison fut obtenue à la suite de ce traitement, tandis que d'autres essais thérapeutiques ont été faits sans succès, mais dans des conditions plus ou moins différentes, de sorte qu'on ne peut rien en conclure ni pour ni contre parce que les expériences ne sont pas comparables.

Les faits observés par M. Vella, étant admis il fallait chercher à se les expliquer, à en faire, en quelque sorte, la théorie. Or en admettant que le tétanos produise des convulsions en augmentant l'excitabilité des nerfs, il produirait un effet analogue à celui de la strychnine. Il y aurait donc un certain antagonisme entre les effets de la strychnine et ceux du curare, ce dernier pouvant dès lors être considéré comme un anticonvulsif, très-propre par conséquent à combattre les maladies qui se manifestent par des convulsions ou l'action des poisons qui en produisent. C'est ainsi que M. Vella a été conduit à faire des expériences sur l'antagonisme du curare et de la strychnine, et ce sont ces expériences que nous allons d'abord examiner et discuter.

Mais il y a un mot que nous ne pouvons admettre et qu'il faut d'abord éliminer de la discussion, c'est le mot antidote. Ce mot exprime une qualité indéfinie et qu'il est impossible de caractériser par quelque chose de précis. On se représente le plus souvent un antidote comme un corps qui neutralise un poison; mais cette idée de neutralisation serait tout à fait fausse ici; les substances curare et strychnine ne se neutralisent réellement pas les unes les autres dans leur action sur l'organisme. Mais si l'action de l'antidote est réelle et s'il ne forme pas avec le poison contré lequel on l'emploie une combinaison qui deviendrait innocente, il doit donc se borner à créer dans l'organisme des conditions nouvelles au milieu desquelles l'action toxique du poison ne peut plus s'exercer d'une manière funeste, ou ne peut plus le faire que très-difficilement; ce sont donc ces conditions nouvelles qu'il faut étudier et déterminer au lieu de chercher à les rattacher à une qualité antidotique propre qui n'a pas de sens par elle-même, si ce n'est une sorte d'action mystérieuse de destruction, une sorte de privilége de neutraliser un poison qui aurait des propriétés supposées contraires aux siennes.

Or, voici comment M. Vella disposa ses expériences qu'il a faites, du reste, dans le laboratoire du collége de France et qu'il a répétées devant M. Claude Bernard.

On rapportera seulement une expérience de chaque espèce parmi un grand nombre qui ont été faites.

On prit un chien pesant 5 kilogrammes 600 grammes et en état d'abstinence, car il n'avait pas mangé depuis douze heures; on lui introduisit dans l'estomac 2 centigrammes de chlorhydrate de strychnine à l'état de dissolution dans l'eau : c'est une dose qu'on avait préalablement vérifié être toxique en la donnant à un chien de même poids et de même âge opéré dans des conditions parfaitement comparables à celles indiquées plus haut.

Au bout de quinze minutes le chien fut pris de convulsions fort vives. On ouvrit aussitôt la veine jugulaire de ce chien, et à l'aide d'une petite seringue munie d'un piston avec tige en pas de vis, comme celles qui nous servent ici dans toutes nos expériences, on lui injecta lentement une dissolution de curare : dès que les symptômes convulsifs s'apaisèrent, on s'arrêta aussitôt. Au bout d'un certain temps le chien fut encore repris de convulsions et on lui fit une nouvelle injection de la dissolution de curare en suivant le même procédé et en prenant les mêmes précautions ; on s'arrêta encore aussitôt que les convulsions diminuèrent. L'animal ayant été repris une troisième fois, on renouvela la même injection, et cette fois les convulsions ne reparurent plus. Ces diverses opérations avaient duré environ trois heures.

L'animal survécut et il fut ainsi sauvé des effets d'une dose de strychnine qui avait tué un chien tout à fait comparable. Dans les trois injections successives de curare, le chien avait reçu 3 centigrammes de cette substance en dissolution dans 15 centimètres cubes d'eau.

L'effet produit par les injections dans la veine jugu-

Digitized by Google

laire ne pouvait être rapporté à une influence particulière de l'eau, car on fit des injections d'eau pure dans les mêmes circonstances sans obtenir le moindre résultat.

Enfin, pour prouver que sans les injections de curare qu'il avait reçues le chien serait bien mort sous l'influence des 2 centigrammes de chlorhydrate de strychnine introduits dans son estomac, trois jours après cette première expérience, et lorsque le chien en fut parfaitement remis, M. Vella lui fit prendre de nouveau et dans les mêmes conditions cette dose de strychnine à laquelle il avait résisté : l'animal succomba alors en dix minutes environ. Il était donc bien démontré que le curare injecté dans les veines avait arrêté un empoisonnement par la strychnine.

Mais dans cette expérience on avait introduit la strychnine dans l'estomac, tandis que le curare était injecté ensuite dans la veine jugulaire. On fit ensuite l'expérience en injectant la strychnine, comme le curare, dans les veines.

M. Vella prit un chien pesant 8 kilog. 700 grammes, à l'état d'abstinence, comme le précédent, et il lui injecta directement dans la veine jugulaire 2 milligrammes de chlorhydrate de strychnine avec 15 milligrammes de curare, le tout en dissolution dans 15 centimètres cubes d'eau. Il ne se produisit aucun effet toxique, ni celui du curare, ni celui de la strychnine. Huit jours après, le même chien reçut 2 milligrammes de chlorhydrate de strychnine dans les mêmes conditions, mais sans curare, et il mourut rapidement au bout de dix minutes environ. La dose de strychnine employée la première fois était donc bien toxique, et il semble résulter de cette expérience que le mélange de curare et de strychnine à dose toxique constitue une substance innocente.

Mais il est d'abord un premier point à remarquer, c'est que, si dans le mélange formé par M. Vella la dose de strychnine était toxique, celle de curare ne l'était pas. Il faut seulement remarquer que cette dose de curare ne produisit pas les mêmes effets paralytiques qu'elle aurait produits si elle avait été administrée seule. Mais, s'il était vrai que la réunion de deux doses toxiques dût produire un mélange innocent, la neutralisation de ces deux doses l'une par l'autre devait toujours se faire, pourvu que leurs proportions relatives fussent observées, et l'on devrait pouvoir augmenter, en quelque sorte indéfiniment, chacune de ces doses, celle de strychnine, par exemple, à la condition d'augmenter parallèlement, dans la même proportion, la dose du curare.

L'expérience apprend que les faits se passent tout autrement, et il suffit de doubler la dose de strychnine pour que le chien meure presque immédiatement, bien qu'on ait également doublé la dose de curare et qu'on ait opéré d'ailleurs dans des conditions semblables.

Il n'y avait donc pas eu, dans la première expérience, neutralisation chimique de deux substances l'une par l'autre, car sans cela cette neutralisation se serait encore produite également dans la seconde expérience. Mais quoique la seconde expérience ne réussisse pas quand les doses des poisons sont exagérées, cela n'empêche pas que le curare ne soit un agent très-utile et employé pour combattre un empoisonnement par la strychnine. On a, du reste, essayé tout récemment ce remède en Allemagne, sur un homme empoisonné par la strychnine, et son influence bienfaisante paraît avoir été la cause du retour du malade à la santé.

Voilà donc un premier point bien acquis : il n'y a pas neutralisation chimique des deux substances, curare et strychnine, l'une par l'autre, et de plus, comme second point, le curare n'arrête les effets de la strychnine que lorsqu'on a employé des doses limitées de strychnine, c'est-à-dire des doses très-peu supérieures à celle qui est rigoureusement nécessaire pour empoisonner l'animal. Mais un troisième point, très-important à remarquer, c'est que la strychnine ne sert à rien pour combattre un empoisonnement par le curare ; elle serait, au contraire, très-nuisible, car elle ferait mourir l'animal d'autant plus sûrement. On ne doit pas oublier, en effet, que dans toutes les expériences de M. Vella les doses de curare employées étaient non mortelles et toujours simplement thérapeutiques, et si l'on avait donné une dose de curare suffisante pour empoisonner à elle seule, l'animal n'aurait échappé à la mort par la strychnine que pour succomber à l'action du curare.

Mais il ne suffit pas de constater ces faits, il faut encore tâcher de trouver leur explication, et, si nous y parvenons, nous aurons des principes sûrs qui nous guideraient dans d'autres applications thérapeutiques que l'on pourrait faire du curare. Or, cette explication la voici, suivant nous, telle qu'elle paraît résulter des connaissances actuelles sur le curare et de l'état général de la science sur toutes ces questions.

Le curare est une substance qui agit particulièrement sur les sécrétions pour en augmenter l'activité dans des proportions souvent très-considérables, ainsi que nous l'avons vu par des expériences antérieures. Or, dans la question qui nous occupe, celle de l'empoisonnement par la strychnine, le curare doit agir en favorisant l'élimination de la strychnine par la suractivité qu'il donne à toutes les sécrétions, et surtout à la sécrétion urinaire.

Le curare, suivant nous, n'aurait point d'autre rôle à remplir et son action contre l'empoisonnement par la strychnine se bornerait là. Mais cela suffit ; et, en effet, quand un poison est entré dans le sang, il n'y a guère d'autre moyen que l'élimination pour combattre ses effets. Les réactions chimiques seraient ici impuissantes, car elles ne se produisent plus dans le sang comme à l'extérieur. Tout ce que l'on peut faire alors, c'est de favoriser l'élimination du poison, et c'est précisément à cette action éliminatrice que se ramène, suivant nous, l'influence bienfaisante du curare dans l'empoisonnement par la strychnine.

Voici comment peuvent s'expliquer, d'après nos idées,

Digitized by Google

les expériences de M. Vella. Il introduisait directement le curare dans le sang d'un animal en proie aux convulsions de la strychnine. Ce curare était rapidement transporté à l'extrémité musculaire ou périphérique des nerfs moteurs; bientôt ces nerfs se trouvaient frappés à leur extrémité centrale ou médullaire, qui se décrochait, pour ainsi dire, de la moelle, et les convulsions s'arrêtaient aussitôt dans les membres, par suite de l'interruption du circuit que parcouraient les actions réflexes, pour produire ces convulsions.

Voilà le premier effet qui se produit. Mais pendant ce temps, la strychnine s'éliminait et elle s'éliminait beaucoup plus rapidement par suite de l'action du curare sur les glandes. En effet, s'il y avait eu seulement arrêt des convulsions, la strychnine restant toujours dans l'organisme, ces convulsions se seraient toujours reproduites ensuite, quand l'action du curare aurait cessé. Il faut donc, pour que l'animal soit sauvé, que, pendant la durée de l'assoupissement produit par le curare, il se soit éliminé assez de strychnine pour que la quantité qui restait encore dans l'organisme ne fût plus toxique; autrement, les convulsions auraient recommencé comme auparavant, et la mort en aurait été la conséquence.

On ne peut donc sauver ainsi un animal ces effets de la strychnine qu'autant que la dose qu'il avait reçue, bien que mortelle, n'était cependant pas trop exagérée, parce que, dans ce cas, l'élimination, quoique activée, n'avait pas été suffisante, et ce qu'il en serait resté dans l'organisme, après la cessation de l'influence du curare, aurait toujours suffi pour tuer l'animal.

Mais, si l'on s'explique facilement, d'après les considérations précédentes, pourquoi le curare est utile contre l'empoisonnement par la strychnine, on ne comprend pas du tout comment il peut agir dans la guérison du tétanos : cela n'est pas étonnant puisque l'essence et la cause du tétanos nous sont tout à fait inconnues. Nous vous avons cependant exposé les observations de M. Vella, d'où il semble résulter que le curare peut guérir le tétanos, comme il arrête l'empoisonnement par la strychnine dans certaines conditions.

Mais, vous savez ce que c'est que la médecine et les observations cliniques ; elles restent toujours entachées de bien des incertitudes, et quand on voit un malade revenir à la santé, on peut bien rarement décider si c'est le remède qui l'a guéri, ou si c'est simplement la nature, laquelle l'aurait guéri peut-être aussi bien sans aucune espèce de médication.

Ce n'est pas à dire que nous nions l'utilité du curare contre le tétanos; si les faits de guérison du tétanos par le curare se vérifient et se multiplient de manière à devenir incontestables, il faudra bien alors en chercher l'explication. Mais cette explication ne se trouvera que dans des conditions qui paraissent complétement inconnues aujourd'hui.

En effet, quand on combat avec le curare un empoisonnement par la strychnine, ce qui constitue la guérison ce n'est pas l'arrêt des convulsions, c'est l'élimination de la strychnine.

Or, comment s'opérerait la guérison du tétanos? Serait-ce un principe particulier et anormal introduit dans le sang et qui s'éliminerait? Rien n'autorise à le supposer. Serait-ce une irritation des nerfs que l'administration successive et à petite dose du curare viendrait calmer? Cette seconde hypothèse paraît plus vraisemblable; en effet, la plupart des tétanos sont traumatiques, et le curare décrochant les nerfs moteurs de la moelle, pourrait empêcher la propagation à ces nerfs des influences morbides provenant de la blessure, et empêcherait aussi l'épuisement qui résulte des convulsions.

Ce qui paraîtrait encore confirmer cette hypothèse, c'est l'emploi du curare contre l'épilepsie qui a semblé utile dans un certain nombre de cas, bien qu'on n'ait pas encore observé de guérison radicale bien constatée. Un médecin de Vienne a cependant prétendu récemment qu'il avait guéri cinq ou six cas d'épilepsie avec le curare; mais il ne faut pas oublier que l'épilepsie est une maladie très-capricieuse, qui peut souvent rester très-longtemps sans reparaître; il est toujours très-difficile de savoir au juste si on l'a bien guérie, car il faut attendre très-longtemps pour que la guérison soit certaine. En France, M. Thiercelin, sans constater de guérison radicale, a observé que des accès qui se répétaient à des intervalles assez fréquents, furent considérablement éloignés les uns des autres, ce qui est déjà un résultat important. Le curare aurait peut-être une action calmante particulière qu'on utiliserait ainsi dans l'épilepsie, et qui pourrait peut-être l'être également dans d'autres maladies plus ou moins analogues.

Il y a des médicaments qui agissent vite, mais dont l'action dure peu de temps; d'autres, au contraire, sont assez lents à faire sentir leur influence, mais cette influence dure plus longtemps; l'opium, par exemple, est dans ce cas. Ce serait donc en quelque sorte deux classes distinctes de médicaments, et le curare semble devoir être placé dans la première de ces deux catégories.

Cette rapidité de l'action thérapeutique, jointe à son peu de durée, est quelquefois un avantage comme elle peut être aussi un inconvénient. Mais, dans tous les cas, pour que le curare produise un effet utile, il faudrait, sans doute, par suite de cette circonstance, le donner à dose très-faible, et répéter souvent son administration, car d'après les recherches que nous avons faites, il nous a paru ne présenter qu'à un très-faible degré, si toutefois il les possède, les phénomènes d'accoutumance si marqués pour certaines autres substances médicamenteuses.

Nous allons maintenant faire quelques expériences relativement aux propriétés antagonistes du curare et de la strychnine, c'est-à-dire à la propriété que possède le

Digitized by Google

curare de s'opposer dans certaines limites à l'action toxique de la strychnine.

Les mots contre-poison et antidote, avons-nous déjà dit, sont des mots trompeurs. Il ne faut pas se laisser leurrer par des mots de ce genre, comme on le fait malheureusement trop souvent. Cela se rencontre dans les sciences en général, mais plus particulièrement encore dans la médecine. Voici comment cette signification trompeuse de mots se forme le plus ordinairement : en effet, on imagine un mot pour représenter un phénomène nouveau que l'on conçoit et que l'on interprète d'une certaine façon; mais plus tard, les idées changent ainsi que l'interprétation, et l'on conserve le même mot pour exprimer des choses que les uns conçoivent alors différentes, tandis que d'autres continuent à donner aux mots leur ancien sens. Il en résulte une véritable confusion, qui empêche les savants de se comprendre et engendre bien des discussions sans fin, dans lesquelles on parle de choses différentes en employant les mêmes expressions. Il faut donc pour étudier les propriétés antagonistes du curare et de la strychnine, mettre d'abord de côté les vieilles idées de neutralisation des poisons les uns par les autres, idées qui seraient tout à fait fausses dans cet ordre de faits. Nous n'avons absolument que des expériences à considérer et à analyser.

Voici trois lapins sur lesquels nous allons opérer. Le premier vient de recevoir sous la peau trois milligrammes de curare en dissolution dans l'eau : c'est une dose limite, mais qui cependant n'est pas toxique pour un animal de cette taille ; on s'en est assuré préalablement en lui donnant cette même dose, des effets de laquelle il est parfaitement revenu ; c'est une précaution qu'on doit toujours prendre dans les expériences de ce genre pour obtenir des résultats précis. Vous voyez ce lapin qui commence à être pris des effets du curare; nous lui injectons maintenant sous la peau quatre demi-tours du piston de cette seringue graduée remplie d'une dissolution de strychnine, ce qui équivaut à un milligramme et un tiers de substance active.

Le second lapin est neuf, c'est-à-dire qu'il n'a encore subi ni l'action du curare ni celle de la strychnine; nous lui injectons, également sous la peau, la même dose de strychnine que nous venons de donner au précédent (1 milligr. 1/3), et vous aurez ainsi la preuve que cette dose est toxique. En effet, quelques instants après l'animal meurt dans les convulsions.

Enfin, sur le troisième lapin, nous injectons à la fois dans le tissu cellulaire sous-cutané les mêmes doses de curare et de strychnine que nous avons déjà données aux précédents, c'est-à-dire trois milligrammes de curare et un milligramme un tiers de strychnine : la seule différence c'est que les deux substances sont administrées en même temps, au lieu de l'être successivement. L'opération est faite à une heure quarante et une minutes, et cinq minutes après, c'est-à-dire à une heure quarante-six minutes, les effets de la strychnine se manifestent par une convulsion énergique. On voit donc que l'effet de la strychnine se produit dans ce cas avant celui du curare. Mais l'action du curare va bientôt se révéler, et l'animal sera comme dans le premier cas sous l'influence d'un double empoisonnement par le curare et par la strychnine.

Il est curieux de suivre ainsi les effets de la strychnine, masqués par le curare. On sait que la strychnine ne produit des convulsions dans un membre qu'à la condition que le nerf de ce membre soit en communication avec la moelle épinière. Magendie a montré, en effet, — en étudiant et en faisant connaître pour la première fois les propriétés physiologiques de l'*upas tieuté* qui contient de la strychnine, — Magendie a montré que si l'on coupait d'un côté les nerfs de la face sur un animal empoisonné par cet agent toxique, les convulsions cessaient aussitôt dans ce côté, tandis qu'elles continuaient dans l'autre.

Or, nous savons maintenant ce que fait le curare; il décroche en quelque sorte le nerf moteur de la moelle épinière, et les convulsions deviennent ainsi impossibles, absolument comme si l'on avait coupé le nerf dans la moelle (car dans son tronc il est encore excitable par le galvanisme). Seulement ce phénomène ne se produit que sur les nerfs frappés par le curare, et ceux qui tiennent encore à la moelle sont toujours susceptibles d'être convulsés. Ainsi, on n'observe pas de convulsions dans les membres de cet animal qui respire encore et qui est soumis à la fois à l'influence du curare et de la strychnine ; mais il existe des convulsions dans les nerfs respiratoires, que l'on reconnaît à des interruptions tétaniques des mouvements respiratoires qui cessent et reprennent successivement. Le nerf facial est paralysé dans ses branches oculaire et auriculaire; mais il y a encore des mouvements, et par suite des convulsions passagères dans les branches nasales. Ces faits nous montrent que Charles Bell avait raison de considérer le nerf facial comme un nerf respiratoire; les rameaux que ce nerf envoie aux narines résistent en effet plus longtemps que les autres à la paralysie.

Ainsi, nous voyons que l'on peut donner à un animal une dose de strychnine qui est toxique, si on l'administre seule, et qui ne le tue cependant point parce qu'on y a joint une certaine quantité de curare. M. Vella avait déjà observé cela, en disposant autrement l'expérience : car ainsi que nous l'avons dit, il empoisonnait d'abord l'animal par la strychnine et ensuite quand les convulsions commençaient à se manifester, il lui injectait du curare dans les veines, jusqu'à ce que les convulsions des membres s'apaisassent. L'utilité du curare contre l'empoisonnement par la strychnine est donc maintenant bien établie, tant par les expériences instituées par M. Vella que par celles qui ont été exécutées ici, et par les observations recueillies directement sur l'homme.

Mais ce qu'il ne faut pas oublier, c'est que le curare agit d'une manière purement physiologique, dans ce cas comme dans tous les autres, et qu'il n'agit pas sur la

Digitized by Google

strychnine elle-même, mais produit simplement des conditions physiologiques nouvelles qui font que la strychnine ne tue pas.

L'action du curare est ici celle qu'on appelle diurétique; il agit en éliminant la strychnine comme il éliminerait toute espèce d'autre corps introduits dans l'organisme. Mais il n'y a pas neutralisation des deux substances, curare et strychnine, l'une par l'autre, ce qui prouve bien qu'on ne doit pas appeler le curare un antidote de la strychnine. Et, en effet, on ne peut pas augmenter parallèlement les deux doses, et l'on ne peut même pas donner une dose de curare qui serait toxique, car cette dose produirait son effet ordinaire malgré la présence de la strychnine et l'animal succomberait infailliblement. D'un autre côté, pour que les accès convulsifs de la strychnine cessent définitivement, et que l'animal soit sauvé, il faut qu'on ait également opéré avec des doses limites de strychnine; car il est évident, ainsi que nous l'avons déjà dit, que, si après l'élimination curarique il restait encore dans l'organisme assez de strychnine pour empoisonner l'animal, la mort arriverait bientôt, absolument comme si l'on n'avait pas donné de curare.

Nous sommes ainsi conduits à dire que ce qu'on appellerait ici un antidote ou un contre-poison n'est pas une action chimiquement neutralisante entre les deux substances.

Les deux poisons, — la strychnine et le curare, — introduits à la fois dans l'organisme agissent chacun de leur côté sans s'inquiéter l'un de l'autre; ils conservent tous deux leur action propre. En un mot, nous ne croyons pas à l'antagonisme du curare et la strychnine. Cependant nous croyons que le curare est utile dans l'empoisonnement strychnique; outre son action éliminatrice, le curare est encore utile dans ce cas parce qu'il empêche les convulsions, lesquelles produisent une fatigue et un épuisement musculaire considérables et peuvent ensuite provoquer des congestions dans les poumons.

Ce n'est point seulement à propos du curare et de la stychnine qu'on a parlé de l'antagonisme des poisons. Nous venons de montrer par des raisons et par des faits qui nous paraissent très-concluants combien cet antagonisme a peu de fondement. Il en est sans doute de même d'un autre antagonisme dont on a beaucoup parlé dans ces derniers temps, celui de l'opium et de la belladone, ou si vous voulez, de la morphine et de l'atropine. S'il y a en effet neutralisation et des effets des substances l'une par l'autre, il se passe probablement là quelque chose d'analogue à ce que nous venons de constater pour le curare et la strychnine. Ce serait un sujet de recherches physiologiques à entreprendre.

Nous avons dit que dans le cas du curare, on ne pourrait admettre de neutralisation chimique des deux poisons l'un par l'autre. M. Vella lui-même n'a pas pu soutenir cette sorte de neutralisation chimique; il dit qu'il a prié M. Piria, professeur de chimie à l'université de Turin, de rechercher si le curare et la strychnine n'exerçaient pas une certaine action chimique l'une sur l'autre, mais M. Piria s'assura que ces deux substances n'ont aucune action altérante l'une sur l'autre; elles conservèrent toujours chacune leurs propriétés particulières. Or, ne serait-il donc pas absurde de supposer qu'il se produit dans le sang entre le curare et la strychnine des réactions chimiques qu'on ne peut même pas obtenir dans des conditions beaucoup plus énergiques en dehors de l'organisme?

Ce n'est pas à dire qu'il ne puisse jamais se passer dans le sang aucune espèce de réaction ou de neutralisation chimique; M. Claude Bernard lui-même a montré que deux substances innocentes, chacune de leur côté, l'amygdaline et l'émulsine, pourraient devenir toxiques par leur mélange à la suite d'une réaction chimique mutuelle qui produisait un nouveau corps qui n'est autre que l'acide prussique. Et, en effet, quand on injecte dans des veines distinctes et même très-éloignées l'une de l'autre, de l'émulsine d'un côté et de l'amygdaline de l'autre, l'animal tombe presque immédiatement foudroyé; tandis que lorsqu'on injecte l'un ou l'autre de ces corps seulement, même en quantité très-considérable, aucun effet toxique ne se manifeste. Il s'est donc produit dans le sang une réaction entre ces deux corps; mais cette réaction est bien connue : c'est la formation d'acide prussique. Cette réaction s'obtient également dans les verres du chimiste et c'est elle qui se produit dans le sang pour tuer l'animal. En général, les réactions purement chimiques ne se produisent pas dans le sang comme à l'extérieur; il ne se passe guère dans ce liquide que des actions qui ressemblent plus ou moins à des fermentations.

En résumé, l'action du curare contre les empoisonnements par la strychnine nous paraît bien expliquée; mais, reste maintenant son action plus ou moins certaine contre les convulsions provenant d'une autre cause, et notamment contre le tétanos. On ne peut pas considérer le curare comme un anticonvulsif, car ce mot serait aussi trop général et serait d'ailleurs sans signification précise comme sont les mots d'antidote ou de diurétique. Il ne faut pas s'attacher aux mots qui déguisent souvent notre ignorance ni se faire des idées à priori qui détournent de l'étude attentive des faits. La seule chose fructueuse, c'est l'analyse physiologique et la recherche des conditions élémentaires des phénomènes. Or le curare n'empêche pas les convulsions de se produire là où existent les conditions physiologiques des convulsions; il peut seulement les faire manquer dans certaines circonstances. On est facilement conduit en médecine à faire ainsi des théories qui transforment les faits au lieu de les expliquer. En réalité, ainsi que nous l'avons dit, il n'y a que les actions naturelles des substances qui se produisent toujours. Quand on donne deux substances à la fois, leurs actions se superposent les unes aux autres, mais sans se dé-

Digitized by Google

truire, au moins directement; elles ne réagissent les unes sur les autres qu'en créant des conditions organiques nouvelles plus ou moins favorables ou nuisibles au développement de tel ou tel phénomène.

C'est là ce que les médecins oublient ou ignorent quelquefois. Ils composent en effet très-souvent des formules fort complexes, et ils cherchent dans ces combinaisons de formules, à opposer des effets médicamenteux les uns aux autres; or, c'est là une chose impossible à moins que les deux corps qu'on veut opposer ne se combinent ou ne réagissent l'un sur l'autre, auquel cas, ce que l'on administre, ce ne sont plus les corps primitifs mais les composés résultant de leurs réactions. Ce qu'il faut faire, au lieu de poursuivre cette chimère des antagonismes et des antidotes, c'est de chercher à connaître les actions physiologiques qui devront nous expliquer les actions médicamenteuses par les actions physiologiques elles-mêmes.

C'est en effet en marchant dans cette voie que nous nous convaincrons de plus en plus que la physiologie est la seule base solide de la médecine scientifique.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ZOOLOGIE (1).

COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

### VIII.

#### Le Corail.

La véritable nature du Corail a été longtemps méconnue; les fables les plus variées ont été inventées sur son compte, et même aujourd'hui, que sa nature et son développement sont bien établis, il existe encore sur lui, dans le monde, des opinions étranges que l'on a la plus grande peine à faire disparaître.

Longtemps on n'a connu du Corail que le *polypier*, c'est-à-dire la partie dure qui est au centre; cela tient à ce que les pêcheurs le nettoient, et le débarrassent ainsi du *sarcosome* qui le recouvre. Ce polypier est cylindrique dans la partie bien développée; mais, aux extrémités, qui sont encore très-jeunes, il se présente le plus souvent sous la forme d'un angle trièdre déterminé par trois lames rayonnantes autour d'un axe commun; quelquefois il y a quatre de ces lamelles : le polypier a donc passé successivement d'une forme irrégulière à une forme régulière, et cela par un dépôt de couches qui s'est effectué peu à peu dans les espaces laissés par les lames et qui a fini par remplir complétement ces espaces. Ce développement est indiqué par l'aspect que présentent les coupes transversales du polypier âgé. Voici, en effet, ce qu'on y remarque : au centre, un corps fort irrégulier, formé de deux ou trois replis, et qui représente évidemment le système des lamelles dont il a été question; tout autour, des zones concentriques alternativement foncées et claires qui d'abord suivent assez fidèlement les contours du corps central, mais qui peu à peu se régularisent et finissent par devenir à peu près circulaires; la ligne la plus extérieure est sinueuse, et ses festons correspondent à autant de sillons disposés longitudinalement les uns à côté des autres sur toute la surface du polypier.

L'étude microscopique de ces coupes transversales de corail est très-utile, car elle permet ensuite de reconnaître immédiatement des substances que l'on vend comme corail, et qui n'en sont pas; en particulier, le *Graminia* ou *Chiendent de mer*, qui ressemble extérieurement, à s'y méprendre, à du Corail blanc, mais dont la structure intime diffère complétement de celle de ce dernier.

Si, au lieu de ne considérer que le polypier, on observe un zoanthodème de Corail desséché, mais non encore frotté, on trouve à sa surface une sorte d'écorce qui, lorsqu'on la racle, se réduit en poussière, et cette poussière craque sous la dent comme du sable: ceci tient à ce qu'elle renferme une innombrable quantité de petits corpuscules calcaires ou *spicules*, que M. Milne Edwards appelle encore *sclérites*. Ces concrétions, dont l'observation microscopique est des plus intéressantes, présentent des variétés de forme fort nombreuses; cependant il est une forme type que l'on peut se représenter par la superposition de deux triangles isocèles, le sommet de l'un correspondant à la base de l'autre et dépassant un peu cette base. Si l'on imagine ensuite que sur les sommets de ces triangles soient placées des nodosités hérissées d'aspérités, à la manière de petits choux-fleurs, on se fera une idée assez exacte de l'aspect général de ces sclérites dont l'observation la plus minutieuse avait déjà été faite par Réaumur, Boccone et Swammerdam. Souvent ils se soudent quatre à quatre et déterminent comme une croix à bras égaux; d'autres fois ils se réunissent en formant des formes globuleuses où il est difficile de distinguer les sclérites primitifs. Ces corpuscules sont rouges, ce sont eux qui donnent au Corail sa couleur. Obtenus par l'agitation dans l'eau de l'écorce desséchée, ils constituent au fond du vase une couche d'un sable rouge brique, ce qui tient à ce qu'ils sont plus ou moins recouverts d'une couche de tissu animal, lequel, incolore pendant la vie, jaunit par la dessiccation. Les plus grands de ces sclérites ne dépassent pas 7 ou 8 centièmes de millimètre. Pour les observer facilement, il faut faire bouillir dans une dissolution de soude cette poussière qui les renferme mélangés avec les débris de la matière organique du sarcosome: celle-ci disparaît alors; on agite plusieurs fois avec de l'eau et de l'alcool, et les spicules, en vertu de leur pesanteur spécifique considérable, se déposent rapidement, dépouillés de toute substance étrangère et avec la belle couleur qui les caractérise.

(1) Voy. les nos 6, 9, 15, 21, 23, 25 et 27.

Digitized by Google

Si l'on veut étudier la nature du sarcosome lui-même, il faut prendre le Corail au moment où il sort de l'eau : à ce moment, ce sarcosome est mou, mais le sarcosome seul, car le polypier est aussi dur dans l'eau qu'au dehors. Ce n'était pas l'opinion d'Ovide, lequel croyait que le Corail ne durcit qu'au contact de l'air :

> Nunc quoque curaliis eadem natura remansit,
> Duritiem tacto capiant ut ab aere ; quodque
> Vimen in æquore erat, flat super æquora saxum.

J. B. Nicolaï, qui surveillait la pêche du Corail sur les côtes d'Afrique, voulut s'assurer si cette opinion accréditée par les poëtes était réellement exacte ; il fit plonger ses pêcheurs, tâta lui-même les rameaux dans les filets avant que ceux-ci eussent été retirés de l'eau, et se convainquit d'une erreur admise pendant plusieurs siècles comme vérité.

Il est cependant des parties, — et ce sont les extrémités des rameaux, — qui semblent parfaitement flexibles. Cela tient à ce que, dans ces endroits encore très-jeunes, le polypier, très-peu développé, est fort mince, et se brise sous le plus léger effort, tandis que le sarcosome, très-abondant au contraire, est en pleine vigueur et gorgé de sucs. Ces extrémités sont appelées *puntarellas* par les Italiens ; elles sont constituées par des mamelons relativement très-volumineux, et toute la surface du rameau est aussi couverte de mamelons analogues. C'est l'aspect que présente le Corail au moment où il sort de l'eau et où il est fortement contracté ; mais si on le suspend dans un vase rempli d'eau de mer maintenue constamment dans un grand état de pureté et de fraîcheur, et de façon que l'extrémité radiculaire soit dirigée vers le haut, — ce qui correspond à la position normale du zoanthodème au fond de la mer, — il peut alors continuer à vivre, et l'on assiste bientôt au charmant spectacle de son épanouissement. Ces tubercules mamelonnés et saillants dont il a été question s'entr'ouvrent peu à peu, et se présentent comme des calices à huit divisions. A travers le pore central étoilé ainsi déterminé on aperçoit déjà la couleur blanche du polype intérieur, comme une goutte de lait sur le fond rouge du sarcosome ; bientôt le corps de ce polype s'allonge en cylindre à l'extérieur, et, en même temps, sur le disque qui termine ce cylindre portant la bouche, et qu'on appelle *péristome*, surgissent huit bras ou tentacules engaînés d'abord comme des doigts de gant, mais qui se retournent, comme font les cornes des colimaçons.

Les polypes ressemblent alors à de véritables *fleurs*, selon l'expression de Marsigli, qui les observa le premier, et les prit en effet pour des productions végétales. Ce nom de fleur, quoique faux, est cependant encore fréquemment employé, parce qu'il exprime bien la forme de l'animal ; en continuant la comparaison, on dit aussi une branche *épanouie*, en parlant d'un rameau de Corail dont la surface s'est couverte de ces innombrables petits polypes qui dépassent rarement la dimension de 3 ou 4 millimètres.

Les tentacules, lorsqu'ils sont bien développés, se présentent comme des tubes coniques et effilés, garnis de barbules déliées disposées sur les bords ; la cavité de ces barbules est en continuité avec celle des bras, comme cette dernière avec la cavité générale du corps, et si l'on vient à effleurer l'un d'eux, les barbules se retirent en s'invaginant dans le bras, tandis que celui-ci s'invagine lui-même dans le corps du polype.

Étudions maintenant l'organisation intime d'une de ces barbules. Si on la coupe rapidement, et qu'on la porte sur une lame de verre où on l'étale et que l'on dispose sous le microscope, on aperçoit, si le grossissement est suffisant, deux couches bien distinctes dans le tissu qui constitue les parois de cette barbule : la couche externe est formée de cellules petites, serrées les unes contre les autres, et son épaisseur est d'autant plus grande, que l'animal est plus contracté ; on aperçoit au milieu des cellules des traînées qui peuvent bien être des fibres musculaires, car cette couche est éminemment contractile ; on trouve aussi, disséminés dans cette couche, des *nématocystes* qui, quoique nombreux, le sont cependant beaucoup moins que chez la plupart des Coralliaires. On appelle généralement de ce nom des cellules spéciales qui renferment un fil pelotonné susceptible de sortir par un orifice dirigé vers l'extérieur et de s'allonger au dehors ; on attribue à ces fils les propriétés urticantes des animaux qui en sont munis. Dans le Corail et chez tous les Alcyonaires, la capsule qui renferme ce fil est elle-même renfermée dans une autre ; celle-ci finit par se détruire et laisse l'autre à l'état de liberté ; le fil urticant s'échappe alors à son tour de cette dernière : il faut dire toutefois que, dans le Corail, on ne l'a encore jamais observé au dehors de la cellule qui le renferme, peut-être est-ce à cause de sa ténuité.

La couche interne est d'une nature bien différente. Elle est aussi constituée par des cellules, mais celles-ci sont très-grosses et bourrées de granulations volumineuses ; elles réfractent énergiquement la lumière. Lorsqu'on presse la préparation entre les deux lames de verre qui la renferment, ces cellules se séparent facilement les unes des autres ; elles forment en effet un tissu très-peu résistant, et quand l'animal est fortement contracté, ce tissu paraît continu ; mais dans le cas contraire on le voit se diviser et représenter un réseau à mailles irrégulières entre lesquelles apparaît la couche externe. Ces cellules sont munies de cils dirigés vers la cavité de la barbule, laquelle est ainsi tapissée par un épithélium vibratile discontinu.

La structure qui vient d'être indiquée pour une simple barbule se retrouve exactement la même dans un bras tout entier et dans le corps lui-même du polype. Il n'y a donc rien à ajouter là-dessus.

Ce qui a été dit dans la dernière leçon relativement à la disposition de la cavité générale chez l'Actinie dispense aussi d'entrer dans de longs détails sur ce sujet, à propos du Corail. On retrouve encore ici un œsophage qui, partant

Digitized by Google

de la bouche, est suspendu au milieu du corps par l'intermédiaire de huit lames disposées symétriquement autour de son axe, et qui, soudées à lui dans toute sa longueur, vont ensuite s'attacher à la paroi du corps de l'animal. L'œsophage s'arrête brusquement à une certaine hauteur et se termine par un sphincter; à partir de ce point, les lames mésentériformes ont un bord libre et flottant dans la cavité générale, qu'elles séparent en huit stalles parfaitement égales. La structure de ces lames est importante et sera indiquée à propos de la reproduction du Corail.

Le tissu général commun, ou *sarcosome*, est constitué par une substance cellulaire dans laquelle les cellules sont souvent difficiles à apercevoir, et qui se présente alors sous l'aspect hyalin et transparent; il est évidemment contractile comme le sont les bras et les barbules, et l'on conçoit qu'il doive renfermer par conséquent des fibres musculaires, mais on les devine plutôt qu'on ne les aperçoit nettement. Ce tissu est parsemé d'une quantité innombrable de ces spicules dont il a été question plus haut, et qui, répandus uniformément dans sa masse, lui donnent la couleur rouge qui lui est propre.

Outre les spicules, le sarcosome renferme encore un autre élément d'une importance extrême, et qui montre bien, comme on va le voir, les relations physiologiques par lesquelles sont unis tous les polypes d'un même zoanthodème. Pour distinguer nettement cet élément, il est bon de prendre une tige de Corail déjà mort et ayant même subi un commencement de décomposition, et de diriger sur elle un jet d'eau fin et rapide obtenu au moyen d'une petite seringue à injection; de cette manière le tissu sarcosomique se désagrége, les spicules tombent, et l'on aperçoit alors avec la dernière netteté un réseau de vaisseaux déliés dont les mailles s'entrecroisent dans tous les sens et s'étendent dans toute l'épaisseur du sarcosome. Au-dessous de ce lacis on distingue un second système de vaisseaux plus réguliers, plus gros, disposés parallèlement les uns aux autres et longitudinalement sur toute la surface du polypier; ils offrent de temps en temps quelques anastomoses, lesquelles ne sont ni assez nombreuses ni assez grosses cependant pour marquer la direction régulière de ces gros vaisseaux dans le sens de la longueur. Les cannelures qui ont été indiquées comme sillonnant la surface du polypier ne sont autre chose que l'empreinte de ces vaisseaux et la trace des dépressions dans lesquelles ils se trouvent logés.

Quant au réseau superficiel, il est au contraire très-irrégulier et beaucoup plus délié; il communique directement, d'un côté avec la cavité générale des divers polypes au milieu desquels il circule, de l'autre avec le réseau profond. Les parois de ses vaisseaux se confondent avec le tissu environnant, de telle façon qu'on peut le considérer simplement comme le résultat d'une érosion irrégulière pratiquée dans l'intérieur de ce tissu; les vaisseaux profonds, au contraire, ont des parois propres qui se distinguent nettement des autres parties du sarcosome. Il est important d'ajouter que tous ces vaisseaux, les premiers comme les seconds, sont tapissés intérieurement par une et souvent plusieurs couches de cet épithélium vibratile qui a été signalé dans les barbules et les bras des polypes.

Si l'on vient à déchirer avec l'ongle le sarcosome sur un rameau vivant de Corail, on voit s'écouler un liquide blanc comme du lait, et qui a toujours été décrit sous ce nom. Ce liquide n'est autre chose que le fluide nourricier échappé des vaisseaux qui remplissent le sarcosome, et c'est à ce liquide que s'ajoutent constamment les produits élaborés par la digestion des polypes. Cette sorte de chyle que produit chacun des animaux passe d'abord dans le réseau superficiel, de là dans le réseau profond; et, à partir de ce moment, on conçoit que, réuni à celui qui provient de tous les autres individus, il constitue un fluide commun échappant à l'action exclusive de chacun des êtres qui ont contribué à le produire, circulant régulièrement d'une extrémité à l'autre du zoanthodème et nourrissant la communauté. On voit que le mot de colonie est justement appliqué à cet ensemble dans lequel chaque membre, travaillant autant pour lui que pour tous les autres, ne vit en réalité que grâce à la part qui lui revient dans la résultante de tous ces travaux individuels.

Il n'est pas inutile de faire observer ici combien il est faux de dire que les divers polypes sont logés dans des cellules de l'écorce; c'est cependant une erreur très-accréditée dans le monde, et l'on croit généralement que chaque animal a aussi sur le rameau de Corail sa petite habitation dans laquelle il peut se retirer à volonté pour échapper aux actions extérieures.

Or, il n'en est rien; les cellules en question n'existent pas, ce sont les corps eux-mêmes des polypes, et la réunion de tous ces corps soudés et confondus sans délimitation aucune constitue le sarcosome tout entier. Si l'animal paraît s'enfoncer dans une loge distincte, c'est qu'il se contracte de façon que les parties blanches de son corps, que l'on considère ordinairement comme constituant uniquement ce dernier, se retirent sous des parties plus résistantes, dont la couleur rouge, tranchant sur le blanc, les fait ressembler à un calice indépendant de l'animal et dans lequel celui-ci est renfermé.

Il est tout aussi erroné de croire que le polypier soit une partie indépendante et pour ainsi dire en dehors de l'économie; c'est cependant une idée généralement répandue que le polype forme son polypier comme une sécrétion qui, une fois produite, lui devient complétement étrangère. Il existe entre le polypier et le système des vaisseaux profonds une union trop intime pour qu'on doive considérer cet axe calcaire comme étranger à la nature intime de l'animal; de telle sorte qu'il n'est pas plus exact de dire que le polype construit son polypier, qu'il ne le serait de dire que les animaux supérieurs font leurs os.

Digitized by Google

Avant de passer à la reproduction et au développement du Corail, il reste encore à dire un mot de l'*épiderme*. On l'observe facilement lorsqu'on peut conserver longtemps un rameau vivant de Corail. On le voit en effet, à certaines époques, refuser pendant une dizaine de jours de s'épanouir et devenir poli et luisant à sa surface; puis une pellicule anhiste se sépare, entraînant avec elle quelques cellules et quelques spicules sous-jacents. L'épiderme non-seulement existe donc, mais paraît encore être soumis à une mue régulière que M. Lacaze-Duthiers a vue s'opérer très-régulièrement à Alger, sur une pointe de Corail qui a vécu deux mois et demi dans ses aquariums.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE.

#### L'Azote.

L'azote a été découvert en 1772 par Rutherford; on l'avait déjà obtenu, il est vrai, avant cette époque, mais on l'avait toujours confondu avec l'acide carbonique.

C'est un gaz sans odeur, ni couleur, ni saveur; sa densité est 0,9714. Un litre d'azote pèse $1,293 \times 0,9714 = 1,257$. Un litre d'eau à 0 degré en dissout 20 centimètres cubes. Ajoutons enfin qu'il est permanent

Il éteint les corps en combustion, comme l'acide carbonique; mais nous pouvons le distinguer facilement de ce dernier, en ce qu'il ne trouble pas l'eau de chaux; il n'entretient pas la respiration, mais il n'est pas délétère, car l'air que nous respirons en renferme les $\frac{4}{5}$ de son volume.

Les affinités qu'il possède sont si faibles, qu'on avait admis que ses propriétés étaient toutes négatives; mais aujourd'hui nous savons le reconnaître par des caractères positifs.

Il résulte, en effet, des expériences de MM. Becquerel et Fremy, que si l'on fait passer un courant électrique dans un mélange d'azote et d'oxygène, le gaz devient jaunâtre par suite de la formation d'un corps que nous étudierons bientôt sous le nom d'acide hypoazotique.

Cette expérience se fait de la manière suivante. Le mélange d'azote et d'oxygène est placé dans un petit tube fermé à la lampe. Les étincelles sont produites par un appareil d'induction, et jaillissent dans le tube, entre les extrémités très-rapprochées de deux fils de platine soudés dans le verre et mis en communication avec les deux pôles.

De plus, M. H. Sainte-Claire Deville a fait voir que le bore chauffé dans un courant d'azote absorbe ce gaz avec chaleur et lumière, en donnant naissance à de l'azoture de bore.

Voyons maintement comment nous allons nous procurer ce gaz. L'air se présente à nous tout naturellement, et nous allons utiliser les réactions énergiques de l'oxygène pour le fixer sur les corps combustibles: on choisit d'ordinaire pour cela le phosphore ou le cuivre.

Plaçons donc un ou deux fragments de phosphore dans une petite coupelle de terre supportée par un liége qui flotte sur une cuve à eau; enflammons le phosphore et recouvrons-le d'une cloche.

La combustion se déclare avec énergie, et elle est accompagnée d'abondantes fumées d'acide phosphorique. Dans le commencement, l'air se dilate tellement par la chaleur due à la combustion, qu'il s'en échappe une certaine quantité, et qu'il faut enfoncer la cloche sous l'eau, ou du moins la tenir très-ferme, pour qu'elle ne se renverse pas. Bientôt un effet inverse se produit, et l'eau remonte dans la cloche, par suite de l'absorption de l'oxygène. Plaçons-la sur la planchette de la cuve, et attendons que les fumées phosphoriques se soient dissoutes dans l'eau.

Pour enlever une certaine quantité d'oxygène qui échappe toujours à la combustion, il nous faudrait introduire dans le gaz deux ou trois longs bâtons de phosphore, et les y laisser tant qu'ils répandent des lueurs dans l'obscurité.

On substitue souvent le cuivre au phosphore, ce qui permet d'obtenir directement l'azote sous forme de courant gazeux. Il suffit pour cela de faire passer un courant d'air sec et privé d'acide carbonique dans un tube de verre placé sur une grille à combustion; on recueille l'azote à l'autre extrémité, dans des éprouvettes.

On obtient aussi l'azote en dirigeant un courant de chlore dans une solution d'ammoniaque :

$$4AzH^3 + 3Cl = 3(AzH^3,HCl) + Az.$$

Toutefois ce procédé ne doit pas être employé, parce que si le chlore est en excès, il donne naissance à une bulle très-explosive, nommée le chlorure d'azote, dont la formation est représentée par cette formule :

$$4AzH^3 + 6Cl = AzCl^3 + 3(AzH^3,HCl).$$

Nous pouvons mettre cette réaction en évidence sans aucun danger, de la manière suivante. On verse de l'eau de chlore dans un long tube de verre jusqu'aux $\frac{19}{20}$ de la longueur environ, puis on achève de le remplir avec la solution d'ammoniaque; on bouche le tube avec le pouce et on le retourne dans l'eau. L'ammoniaque monte à travers la solution de chlore en raison de sa légèreté; nous pouvons du reste suivre son ascension, car on voit naître, partout où le mélange a lieu, des bulles nombreuses d'azote qui se réunissent au sommet du tube.

On peut enfin préparer l'azote en chauffant l'azotite d'ammoniaque :

$$AzH^3,HO,AzO^3 = 2Az + 4HO.$$

Comme ce sel est difficile à préparer, on le remplace par un mélange d'azotite de potasse et de sel ammoniac; c'est ce qu'exprime la réaction suivante :

$$KO,AzO^3 + AzH^3,HCl = KCl + 2Az + 4HO.$$

L'azote existe dans l'air à l'état de mélange avec l'oxygène; il fait partie de l'acide nitrique, de l'ammoniaque, des alcalis organiques.

Il entre dans la constitution des tissus animaux et d'un grand nombre d'organes des végétaux, surtout dans leur jeune âge.

L'azote de l'air pénètre dans certains végétaux, dans les légumineuses notamment; il est, à l'état de combinaisons diverses, le principe le plus essentiel des engrais.

ED. ANTELME, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

(1) Voy. les nos 3, 7 et 23. — Voyez, pour l'*histoire de l'eau*, la conférence de M. Würtz dans le no 9. — Nous remplacerons les deux leçons de M. Riche relatives à l'*air* par la conférence qu'il a faite sur le même sujet aux *Soirées scientifiques de la Sorbonne*.

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 29. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 17 JUIN 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1[illegible] | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois.... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : Du rôle de la chaleur dans les combinaisons organiques. — VI. Décomposition des substances minérales par la chaleur.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : De la localisation des facultés cérébrales; de l'aphasie.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie** (Zoophytes). — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : IX. De la reproduction du Corail.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XXXI. Du curare considéré comme moyen d'investigation physiologique.

---

**Paris, 16 juin 1865.**

La communication la plus importante, faite lundi dernier à l'Académie des sciences, c'est un mémoire de MM. H. Sainte-Claire-Deville et Troost sur les différents composés du Niobium. Les recherches que viennent d'exécuter ces deux chimistes les ont conduit à rectifier sur plusieurs points les idées émises par H. Rose à ce sujet.

M. Fremy a présenté un nouveau travail de M. Stanislas Meunier sur la combinaison des bases alcalines avec les oxydes métalliques des dernières sections.

M. Morin a lu un rapport sur les remarquables travaux de M. Tresca, relatifs à l'écoulement des solides sous l'influence de fortes pressions.

M. Regnault a présenté, au nom de deux savants de Metz, un travail relatif à l'application de la photographie aux peintures de vitraux.

Signalons enfin un mémoire sur l'histoire naturelle des écrevisses, et les inconvénients que peut produire l'abus de ces crustacés dans l'alimentation, mémoire qui a donné lieu à plusieurs rapprochements de la part de M. Coste.

Conformément aux présentations faites par l'Académie des sciences et l'Assemblée des professeurs du Muséum d'histoire naturelle, M. Lacaze-Duthiers vient d'être nommé professeur titulaire de zoologie (annélides, mollusques et zoophytes) dans cet établissement, en remplacement de M. Valenciennes.

Lundi prochain, à sept heures et demie du soir, *M. Axenfeld* fera une conférence historique à la Faculté de médecine, sur *Jean de Wier et les sorciers.*

É. A.

---

### COLLÉGE DE FRANCE.

### CHIMIE ORGANIQUE.

COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### VI.

**Décomposition des substances minérales par la chaleur.**

On a vu quels sont les effets produits sur les corps par une élévation graduelle de température : d'abord des phénomènes physiques qui consistent dans des dilatations, dans des changements d'états et dans des changements de chaleur spécifique; ensuite des phénomènes chimiques qui amènent la formation ou la décomposition des combinaisons.

(1) Voyez les numéros 27 et 28, et pour le cours du premier semestre, les numéros 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.



Digitized by Google

Voyons donc aujourd'hui comment se produisent ces décompositions, d'abord en chimie minérale, puis en chimie organique.

On admet aujourd'hui que toutes les combinaisons chimiques, soumises à l'influence d'une température progressive et toujours croissante, se décomposent soit en éléments, soit en composés plus simples, résolubles à leur tour en éléments.

La décomposition des principes chimiques par la chaleur peut être étudiée de deux manières : en ouvrant une libre issue aux produits de la réaction, ou bien en les laissant en contact les uns avec les autres et avec le composé primitif, dans les conditions et à la température même où s'opèrent les réactions. Cette dernière méthode est la plus intéressante au point de vue de la théorie générale. Les résultats auxquels elle conduit peuvent être envisagés sous plusieurs points de vue, tels que la température initiale des réactions, leur limitation, enfin la vitesse avec laquelle elles s'accomplissent. Abordons successivement les deux premiers points, réservant le troisième pour les études relatives à la chimie organique et en faisant observer que la plupart des notions qui vont être développées s'appliquent également aux décompositions, aux combinaisons et généralement à toute espèce de réactions chimiques.

### 1° *Température initiale.*

A première vue, il semble que les annales de la science renferment une multitude de faits propres à établir que les réactions chimiques exigent une certaine température pour se développer. Toutefois ces résultats ne sont pas aussi décisifs qu'on pourrait le croire, attendu que la plupart des observations se rapportent à des réactions brusques, ou du moins de courte durée. Mais on ignore d'ordinaire si les réactions qui se produisent subitement à une certaine température, cessent absolument de s'accomplir à toute température plus basse. Divers faits, tels que l'oxydation lente des dissolutions d'acide sulfureux et d'acide sulfhydrique à la température ordinaire, le dégagement lent d'acide carbonique fourni par les tourbes, lignites et autres produits analogues, combustibles subitement à une haute température, montrent que ce n'est pas là une vaine supposition qu'il soit superflu d'agiter. Voici les expériences que j'ai faites pour l'éclaircir ; plusieurs ont été exécutées en opérant sur des corps gazeux donnant lieu à des produits gazeux, afin d'éliminer toute objection relative à la cohésion ou à l'absence d'homogénéité des systèmes. Ces expériences tendent à prouver que les réactions chimiques appartiennent à deux groupes, celles qui exigent une certaine température initiale pour se développer, et celles qui se développent, plus ou moins lentement, à toute température (dans les limites des expériences).

Un certain nombre de réactions cessent absolument de s'accomplir au-dessous d'une certaine température, quelle que soit la durée de l'expérience. Telles sont : la réaction de l'oxygène sur l'hydrogène à 200 degrés; celle de l'hydrogène sulfuré sec sur le mercure sec à 100 degrés; celle de l'acide chlorhydrique sec sur le mercure sec à 200 degrés ; celle de l'hydrogène et de l'acide carbonique, et celle de l'eau sur l'oxyde de carbone, ces corps étant mélangés à volumes égaux et maintenus à 260 degrés pendant dix-huit heures. Tous ces systèmes réagissent d'ailleurs rapidement, comme on sait, à une température voisine de 400 ou 500 degrés.

Voici maintenant des faits relatifs aux composés organiques. L'acide formique, chauffé à 180 degrés pendant plusieurs heures, n'éprouve pas la moindre décomposition; tandis qu'à 260 degrés il se décompose peu à peu et complétement. L'acide oxalique pur, maintenu à 90 degrés pendant une centaine d'heures dans un ballon plein d'air, se sublime sans éprouver la moindre décomposition, tandis qu'une température de 110 à 120 degrés le détruit entièrement. L'alcool pur résiste en vase scellé à une température de 400 degrés maintenue pendant plusieurs heures; mais il se détruit entièrement vers 500 à 600 degrés.

La température initiale des réactions peut varier avec diverses conditions, telle que la pression exercée sur les systèmes gazeux, la cohésion des corps solides, le contact de certains corps étrangers, toutes circonstances qu'il suffit de rappeler. Ajoutons cependant que la présence d'un corps étranger, du platine, par exemple, en abaissant la température de la réaction ne détruit pas le fait de la nécessité d'une température initiale. Ainsi, l'acide formique se détruit sous l'influence de la mousse de platine dès 160 degrés, et même au-dessous ; mais il résiste parfaitement à une température de 100 degrés. L'alcool offre des phénomènes analogues. L'acide formique, mêlé avec la glycérine, éprouve une décomposition rapide vers 205 degrés, une décomposition lente dès 150 à 160 degrés; mais il n'en éprouve aucune à 100 degrés.

Tels sont les faits : indiquons maintenant quelques-unes de leurs conséquences générales. Parmi les réactions signalées, les unes dégagent de la chaleur (combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène, décomposition de l'acide formique, etc.), tandis que d'autres en absorbent (décomposition de l'acide oxalique, etc.). Or, il est facile de concevoir pourquoi une réaction qui absorbe de la chaleur commence à se produire seulement à une certaine température, parce que le travail moléculaire accompli par la chaleur dans cette circonstance tend constamment à produire des effets contraires à ceux des affinités; il augmente sans cesse avec la température et la somme de ces effets finit par l'emporter sur la somme des effets opposés : ce qui détermine la décomposition.

Mais on comprend moins aisément pourquoi il est nécessaire d'élever la température pour déterminer les réactions qui dégagent de la chaleur. Il est évident que,

Digitized by Google

dans cette circonstance, le travail exécuté par la chaleur n'est pas en relation immédiate avec celui des affinités, car il est de même signe; et cependant les deux effets ne s'ajoutent pas tout d'abord. Ici le travail de la chaleur paraît répondre à la destruction de certains liens existant dans le système initial. C'est une sorte de mise en train du phénomène, comparable d'ailleurs à celle qui est nécessaire dans la plupart des machines. Ce travail préalable de la chaleur varie suivant la nature des corps qui entrent en réaction. Il dépend à la fois de l'arrangement moléculaire des corps réagissants et de celui des produits de la réaction.

On conçoit qu'il puisse être tel que la température à laquelle une combinaison commence à se former par l'union directe de ses composants, soit voisine de celle à laquelle la même combinaison se décomposerait réciproquement en ses éléments. Cette dernière considération est importante. Elle peut faire comprendre comment il se fait que certains composés, dont la formation représente un dégagement de chaleur considérable, tels que le gaz ammoniaque, $AzH^6$, ou le gaz des marais, $C^2H^4$, ne peuvent cependant pas être obtenus directement : il suffirait d'admettre que l'élévation de température qui répondrait au travail préliminaire de la chaleur nécessaire pour déterminer la réunion du carbone et de l'hydrogène en gaz des marais, par exemple, est supérieure à l'élévation de température qui décompose le gaz des marais.

Ce travail préalable de la chaleur est-il nécessaire dans tous les cas, et pour toutes les réactions, quelle qu'en soit la nature ?

C'est là une question très-importante : nous pouvons y répondre, du moins dans les limites de température entre lesquelles nous observons les réactions chimiques. J'ai observé, en effet, plusieurs réactions qui semblent avoir lieu à toute température.

Telle est la formation progressive des éthers par l'union des acides avec les alcools, laquelle a lieu également à 0, à 100, à 200, à 260 degrés, quoique avec des vitesses différentes.

Telle est encore la décomposition de l'acide bromhydrique gazeux par le mercure, laquelle s'opère peu à peu, soit à 100 degrés, soit à la température ordinaire; cette dernière décomposition contraste avec l'absence de réaction entre le mercure et l'acide chlorhydrique même à 200 degrés.

Les faits relatifs aux éthers sont particulièrement caractéristiques, en raison de leur généralité, car ils sont applicables aux mélanges d'acides, d'alcools et d'eau, faits dans les proportions les plus diverses, et ils comprennent la généralité des acides et des alcools.

Il paraît donc exister dans les limites de température relatives à nos expériences actuelles deux ordres de réactions, celles qui exigent une certaine température initiale pour s'accomplir, et celles qui se développent à toute température. On peut, je crois, rattacher cette différence avec la circonstance suivante : les réactions qui exigent une certaine température initiale sont, ou des réactions sans limites, c'est-à-dire qui tendent à s'accomplir jusqu'au bout, dès qu'elles se manifestent (combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène à 500 degrés, décomposition de l'acide formique); ou bien des réactions limitées incomplètes, mais dont la limite varie avec la température.

Dans ces deux circonstances, on comprend la nécessité d'une température initiale. En effet, dans le cas d'une décomposition sans limite, par exemple, il est évident que le composé n'existerait pas, si la décomposition avait lieu à toute température; pour le cas d'une réaction limitée, telles que les dissociations dont nous parlerons tout à l'heure, dans laquelle la limite change avec la température, la portion qui conserve son état initial de combinaison est d'autant plus grande que la température est plus basse, et la partie décomposée tend de plus en plus à devenir nulle.

Mais il n'en est pas de même, si la limite de la réaction est indépendante de la température, comme dans le cas de la formation des éthers. Ici nous ne percevons aucune condition nécessaire qui s'oppose à ce que la réaction commence au-dessous d'une certaine température.

Ajoutons cependant que si la nécessité d'une température initiale ne découle pas à ici à priori des données générales de la réaction, comme dans les autres cas, cependant elle finirait sans doute par être déterminée dans tous les cas par les arrangements physiques, tels que la solidification des corps réagissants, qui résulteraient d'un abaissement indéfini dans la température.

### 2° *Limitation des réactions.*

Une décomposition chimique, et plus généralement une réaction, opérée à une température fixe et dans un vase scellé à la lampe, peut être illimitée, c'est-à-dire susceptible de devenir complète à la température même à laquelle elle a commencé à se manifester, comme à toute température plus élevée; ou bien, au contraire, elle peut demeurer incomplète, durant un certain intervalle de température, et tendre vers une certaine limite qu'elle est incapable de dépasser. Exposons ici les faits comme en chimie minérale, réservant pour un autre moment les observations relatives à la chimie organique. Pour les faire comprendre, il faut faire intervenir les notions suivantes.

Deux cas très-différents peuvent se présenter lorsque la décomposition est produite : ou bien les éléments se réunissent de nouveau pour reproduire le composé, lorsque la température diminue graduellement, ce qui arrive avec l'hydrogène ou l'oxygène produits par la décomposition de la vapeur d'eau. Ou bien cette réunion n'a pas lieu dans les circonstances inverses de celles qui ont produit la décomposition. Ce dernier ordre de faits

Digitized by Google

se passe, par exemple, avec l'ammoniaque, qui se décompose vers 800 ou 1000 degrés en azote et en hydrogène; ces deux gaz, une fois séparés, ne se recombinent plus ni à 1000 degrés ni au-dessous.

Dans le cas de la recomposition, on peut comparer les phénomènes qui se manifestent aux changements d'états physiques; l'eau réduite en vapeur par une élévation de température jouit de la propriété de se liquéfier de nouveau, quand la température s'abaisse en sens inverse.

Examinons séparément les deux ordres de phénomènes.

Les décompositions avec recomposition inverse, à limite variable avec la température, ont été étudiées dernièrement par M. Deville, sous le nom de *dissociation*. Je vais vous exposer les résultats remarquables auxquels il est arrivé, sans nous astreindre pourtant à toujours adopter le détail de ses explications. C'est en effet aux expériences de ce savant que nous devons presque tout ce que nous savons sur cette question.

Lorsque l'on réduit de l'eau en vapeur, on peut porter la température jusqu'à 1000 degrés environ, sans qu'il se manifeste d'action sensible; mais vers cette température une petite quantité d'eau se résout en oxygène et en hydrogène, et la proportion en est d'autant plus considérable que la température s'élève davantage au-dessus de 1000 degrés.

On peut admettre que, pour chaque température, le système étant maintenu dans un espace déterminé, il existe un rapport constant, invariable, entre la quantité de vapeur d'eau encore intacte et la quantité de vapeur décomposée; c'est ce rapport que nous appellerons *tension de dissociation*.

Ces phénomènes peuvent être comparés à ceux qui se manifestent quand on met de l'eau dans une enceinte limitée; la proportion de vapeur d'eau qui se forme est déterminée pour une température donnée. Cependant ce n'est là qu'une image, destinée à faire comprendre la question; car, en poussant cette comparaison trop loin, on arriverait à des conclusions inexactes.

Lorsque la température est suffisamment élevée, vers 2500 ou 3000 degrés, ou peut-être plus haut encore, la décomposition est à peu près complète. Cependant, même à cette haute température, et jusqu'à un terme encore plus éloigné, une petite portion de vapeur d'eau paraît rester indécomposée, à la faveur des produits maintenus présents de la décomposition.

Ces faits résultent des expériences de M. Deville; ils donnent de la décomposition chimique une autre idée que celle que l'on possédait autrefois. En général on pensait que les corps se décomposent à une certaine température, et que la décomposition devient complète à cette même température, soit immédiatement, soit au bout d'un temps suffisant. Nous verrons tout à l'heure qu'il en est, en effet, ainsi dans un grand nombre de cas; mais ce ne sont pas ceux dans lesquels les produits de la décomposition peuvent se recombiner par l'effet d'un abaissement de température. Dans cette circonstance, la décomposition se produit entre deux limites de température, souvent fort distantes l'une de l'autre, et entre lesquelles la proportion du corps décomposé va toujours croissante, tout en demeurant fixe pour chaque température déterminée.

Citons maintenant quelques nombres et indiquons quelques-uns des appareils qui ont servi à démontrer ces faits.

Au premier abord, il semble difficile de pouvoir constater que la décomposition commence à une certaine température pour s'effectuer ensuite, non pas brusquement, comme on le croyait autrefois, mais d'une façon lente et progressive. Il semble qu'il faudrait, pour s'en assurer, faire l'analyse des produits de la décomposition, à la température même à laquelle cette décomposition partielle s'est manifestée, puisqu'en se refroidissant les éléments peuvent se combiner de nouveau. C'est là une difficulté que l'on ne peut résoudre directement, mais que l'on peut surmonter à l'aide de plusieurs artifices plus ou moins ingénieux.

On peut, en effet, se proposer d'employer des agents propres à fixer l'un des éléments provenant de la décomposition; ou bien encore déterminer la séparation des produits à l'aide de quelque action physique; enfin on peut soumettre les produits à l'action d'un refroidissement brusque.

M. Deville a d'abord employé le protoxyde de plomb qui absorbe l'oxygène à une haute température; c'est une simple dissolution qui s'opère, il n'y a pas là d'action chimique proprement dite. Il fit donc passer de la vapeur d'eau dans un tube de porcelaine chauffé à 1000 degrés au moins et contenant de l'oxyde de plomb; il constata que le gaz recueilli à l'autre extrémité du tube renfermait de l'hydrogène : fait qui, au premier abord, semble paradoxal, si l'on observe que cet hydrogène résulte d'un produit qui a été en contact avec l'oxyde de plomb. Cependant il s'explique aisément, si l'on admet que dans cette expérience il n'y a pas d'action chimique véritable, mais une simple décomposition de l'eau par la chaleur; l'oxygène étant en partie retenu par l'oxyde, une quantité correspondante d'hydrogène doit se dégager.

Chacun sait que l'argent fondu jouit de la propriété d'absorber de l'oxygène, phénomène qui joue un rôle fort important dans l'affinage de l'argent et détermine ce que l'on appelle le rochage, c'est-à-dire l'expulsion brusque de l'oxygène dissous avec projection d'argent au moment de la solidification du métal. M. Deville a utilisé cette propriété pour constater l'état de liberté de l'oxygène dans la vapeur d'eau dissociée, et il a eu, comme dans le cas précédent, un dégagement d'hydrogène.

On peut faire une objection à ces expériences : elle consiste à dire que la présence de l'oxyde ou du métal

Digitized by Google

peut favoriser la décomposition, de telle sorte que celle-ci n'aurait pas eu lieu sous l'influence de la chaleur seule. En tout cas, si cette action existe réellement, il est probable qu'elle n'a qu'une influence très-faible sur le phénomène, et dès lors les faits précédents établissent au moins qu'à cette température de 1000 degrés les liens qui unissent l'oxygène à l'hydrogène sont très-faibles.

Néanmoins, pour lever les doutes à ce sujet, il était nécessaire de recourir à d'autres expériences, faites dans des conditions purement physiques et en dehors de l'intervention de tout agent pouvant agir chimiquement. C'est ainsi que M. Deville a été amené à se servir d'appareils à diffusion. Voici sur quel principe ils reposent.

Soit un tube de porcelaine traversé par un tube de terre poreuse dans lequel on fait arriver un courant d'hydrogène, tandis qu'à l'extérieur, dans l'espace annulaire qui sépare les deux tubes, on fait passer un courant d'acide carbonique; lorsque l'expérience se fait lentement, l'expérience indique qu'il y a échange des deux côtés. A l'extrémité de l'espace annulaire on recueille une grande quantité d'hydrogène, tandis que celle du tube intérieur fournit de l'acide carbonique.

Au lieu d'amener de l'hydrogène, faisons circuler dans le tube intérieur de la vapeur d'eau et chauffons le tube de porcelaine vers 1200 degrés : s'il y a décomposition partielle de la vapeur d'eau, l'hydrogène mis en liberté passera, comme dans le cas précédent, dans l'espace annulaire et les gaz qui se dégageront en renfermant une quantité notable de ce gaz. Or, c'est précisément ce que l'expérience confirme.

Les phénomènes cependant ne se passent pas d'une façon tout à fait aussi simple, mais cette complication même vient à l'appui des idées de M. Deville. En effet, l'acide carbonique lui-même éprouve une certaine dissociation, d'où séparation d'oxygène et formation d'oxyde de carbone. Cette formation paraît être encore accrue par la réaction de l'hydrogène provenant de la vapeur d'eau sur l'acide carbonique. Quoi qu'il en soit, le gaz recueilli contient de l'oxyde de carbone, en même temps que de l'hydrogène.

Ces expériences ne peuvent laisser aucun doute sur les phénomènes de décomposition de l'eau, à partir de 1000 degrés. Cependant les résultats auxquels elles conduisent ont pris un caractère de précision plus grand encore par l'application de la méthode du refroidissement brusque, c'est-à-dire en abaissant la température du système assez rapidement, pour que la combinaison inverse ne puisse pas s'opérer, ce qui ne réussit que si la proportion relative des produits décomposés est peu considérable.

M. Grove a trouvé que lorsqu'on chauffe très-fortement une boule de platine, par exemple avec le gaz tonnant, et qu'on la plonge brusquement dans l'eau, il se dégage au point de contact des bulles d'oxygène et d'hydrogène qui proviennent de la décomposition de l'eau. MM. Deville et Debray ont observé les mêmes effets en coulant dans l'eau une masse de platine fondue pesant plusieurs kilogrammes.

D'autres faits que l'on peut rapprocher du précédent se manifestent sous l'influence de l'étincelle électrique. Celle-ci peut, en effet, amener la décomposition partielle de la vapeur d'eau. On a également remarqué, il y a cinquante ans, qu'en faisant passer des étincelles dans l'acide chlorhydrique, il y avait une décomposition partielle qui pouvait atteindre environ 3 pour 100 de la masse totale. Mais, à partir de ce moment, si l'on voulait continuer l'expérience, en vue d'augmenter la décomposition, il y avait une brusque détonation produite par la combinaison en masse de l'hydrogène et du chlore précédemment séparés.

L'interprétation véritable de tous ces phénomènes était restée fort obscure; on admettait que dans le cas de l'électricité ce n'était pas seulement la chaleur qui amenait la décomposition; mais il y avait en même temps production de phénomènes de polarisation. Or, cette idée a été vérifiée récemment, d'une manière non douteuse, par les expériences de M. Perrot, relatives à la décomposition de la vapeur d'eau par l'étincelle. Les deux gaz hydrogène et oxygène ne se distribuent pas également autour des deux pôles.

Cependant c'est à la chaleur produite par l'étincelle qu'il faut rapporter surtout l'effet produit; sur le passage de l'étincelle, le gaz est décomposé et les produits de la décomposition qui arrivent dans les couches froides environnantes, étant brusquement soustraites à l'action de la chaleur, ne peuvent plus reconstituer la combinaison, tant que leur proportion relative est trop faible pour que le mélange s'enflamme en totalité sous l'influence d'une température moins élevée. C'est ainsi qu'il arrive dans le cas de l'acide chlorhydrique : mais dès que l'hydrogène et le chlore produits par l'action décomposante sont en suffisante quantité, la combinaison en masse des éléments séparés peut reproduire le composé primitif.

Ainsi, élévation de température excessive, refroidissement brusque, telles sont les conditions qui peuvent mettre en évidence la dissociation d'un composé. M. Deville est parvenu à réaliser ces conditions de la manière suivante, en suivant une disposition fort ingénieuse.

On fait passer un courant d'eau froide dans un tube métallique mince en laiton, contenu dans un tube de porcelaine chauffé à 1000 degrés, par exemple. Le tube métallique ne peut dépasser la température de l'eau qui le remplit, tandis que le tube de porcelaine est à une température très-élevée. Les gaz échauffés dans celui-ci seront donc refroidis brusquement au contact de celui-là; donc, si la chaleur peut provoquer la décomposition d'un gaz circulant dans l'espace annulaire, on pourra réussir à mettre en évidence cette décomposition par des actions opérées à la température ordinaire. Ainsi l'un des produits de la décomposition pourra venir se fixer sur le métal; par exemple, en amalgamant la sur-

Digitized by Google

face de ce dernier, et en faisant passer de l'acide chlorhydrique, on peut constater après l'expérience la présence du chlorure de mercure. Ce fait prouve la présence du chlore libre, car l'acide chlorhydrique est sans action sur le mercure à la température ordinaire.

Lorsque l'on fait passer dans un tel appareil de l'acide sulfureux, si l'on a soin d'employer un tube d'argent, il y a formation de sulfure d'argent, ce qui prouve la décomposition de l'acide sulfureux en soufre et en oxygène. Mais s'il en est ainsi, il doit y avoir dans certaines zones une température capable de combiner l'acide sulfureux à l'oxygène, d'où résulte une production d'acide sulfurique anhydre; cet acide se condense à la surface du tube argenté.

En opérant avec l'oxyde de carbone, on obtient un dépôt de charbon à la partie inférieure du tube. Cette expérience offre une très-grande importance, car elle jette quelque jour sur le phénomène si controversé de la formation de l'acier par cémentation. Rappelons d'abord certains faits caractéristiques.

En faisant passer de l'oxyde de carbone sur du fer chauffé dans un tube de verre dur, celui-ci augmente graduellement de poids et d'une manière presque illimitée, comme Sthamer l'a prouvé déjà depuis longtemps. Or, il résulte de l'expérience ci-dessus que ce phénomène est dû à la dissociation de l'oxyde de carbone en carbone et acide carbonique :

$$2C^2O^2 = C^2O^4 + C^2.$$

En effet, M. Deville a obtenu le même effet en dirigeant lentement l'oxyde de carbone sur du charbon ordinaire. J'ai moi-même répété ces expériences avec de la mousse de platine contenue dans un tube de verre vert et j'ai observé le dépôt d'une quantité sensible de charbon à la surface du platine.

Ces faits peuvent être invoqués pour expliquer les résultats obtenus par M. Margueritte, qui a obtenu de l'acier au moyen du fer et de l'oxyde de carbone. On voit donc que la formation de l'acier par cémentation peut avoir lieu, même quand le charbon n'est pas en contact immédiat avec le fer, conformément à l'observation des fabricants. Dans le cas précédent le véhicule du carbone c'est l'oxyde de carbone. J'ajouterai d'ailleurs que, d'après M. Caron, le véritable agent industriel de la cémentation ne serait pas l'oxyde de carbone, mais bien les cyanures alcalins, corps qui sont volatils à une haute température; ces composés agissent sans doute sous l'influence d'une dissociation partielle, analogue à la précédente.

Il y a sur tous ces phénomènes une remarque importante à faire, c'est que dans les expériences de dissociation, si l'on enlève à mesure les produits de la décomposition, on pourra renouveler continuellement les phénomènes, c'est-à-dire que l'on pourra parvenir à une décomposition complète. Il se passe là quelque chose d'analogue à ce qui a lieu quand de l'eau se vaporise dans un milieu donné : la saturation se produit. Mais si l'on enlève la vapeur à mesure qu'elle se forme, on finit par éliminer tout le liquide à l'état de vapeur.

Voici encore une expérience fort intéressante par laquelle M. Deville démontre la dissociation de l'acide carbonique et analyse la composition de la flamme.

On amène par un tube effilé en pointe un mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène à volumes égaux; en faisant brûler ce mélange, on a une flamme dont la partie la plus chaude (évaluée à 2200 degrés environ) se trouve un peu au-dessus du cône obscur intérieur. A partir de ce point, la température diminue graduellement, à mesure que l'on s'élève dans la flamme jusqu'à la pointe extrême supérieure de la partie lumineuse.

Ces diversités de température peuvent être mises en évidence à l'aide d'un fil de platine qui rougit à la pointe supérieure, devient blanc un peu plus bas, fond au-dessous, fond en bas, avec projection d'étincelles, à quelques millimètres de la pointe obscure du cône intérieur.

Que faut-il faire pour voir comment les réactions ont lieu dans les diverses parties de la flamme? Recueillir les gaz à diverses hauteurs. C'est à quoi on arrive en plaçant successivement dans cette flamme, à diverses hauteurs, un tube horizontal de laiton argenté, dans lequel passe un courant d'eau et qui possède une fine ouverture propre à laisser entrer le gaz par un phénomène de trompe. Le courant d'eau entraîne ainsi le gaz que l'on peut recueillir et analyser.

Or, l'expérience indique que vers le point où le platine fond et étincelle, il y a une proportion considérable d'oxyde de carbone et d'oxygène non combinés; tandis qu'à mesure qu'on s'éloigne de ce point la quantité des gaz non combinés diminue, pour devenir nulle à la partie supérieure de la flamme. L'état de dissociation du mélange va donc en augmentant avec la température.

Terminons par quelques détails sur le rôle que jouent ces phénomènes dans les réactions minéralogiques. Prenons, avec M. Deville, de l'oxyde de zinc, qui est indécomposable par l'hydrogène et non volatil. Chauffons ce corps dans un tube en porcelaine, et faisons passer un courant d'hydrogène; lorsque l'expérience sera terminée, on trouvera dans la partie froide du tube, de l'oxyde de zinc cristallisé. Il y a eu à la fois cristallisation et déplacement de l'oxyde.

Chauffons maintenant du peroxyde de fer amorphe dans un courant lent d'acide chlorhydrique; il y aura à peine déplacement, mais une partie de l'oxyde aura cristallisé.

Tous ces faits sont dus aux phénomènes de dissociation. A une haute température, une petite quantité d'oxyde de zinc est décomposée en ses éléments, et l'on a un mélange de vapeur de zinc et d'oxygène qui est entraîné par le courant d'hydrogène ; mais dès que ce mélange arrive dans une partie relativement froide du tube, il y a reformation d'oxyde de zinc, qui se dépose à

Digitized by Google

l'état cristallin; explication analogue avec le peroxyde de fer, qui donne avec l'acide chlorhydrique un peu de chlorure de fer et de la vapeur d'eau, mais ces corps, réagissant presque aussitôt l'un sur l'autre un peu plus loin, donnent du peroxyde volatil cristallisé.

En définitif, étant donné une quantité limitée d'hydrogène, d'acide chlorhydrique, de fluorure de silicium, etc., on peut faire cristalliser des quantités illimitées d'oxydes et de divers autres corps (suivant un mécanisme analogue aux précédents). M. de Sénarmont, M. Daubrée, M. Deville, et plus récemment M. Hautefeuille ont publié à cet égard des expériences très-caractéristiques. Les agents qui agissent ainsi ont reçu le nom d'agents minéralisateurs; M. Deville a rattaché la théorie de toutes ces réactions à celle de la dissociation.

Nous venons d'exposer les considérations relatives à la décomposition avec réaction inverse et limite variable avec la température. Il nous resterait à examiner les faits relatifs aux décompositions avec limite indépendante de la température; mais ce sujet sera mieux à sa place dans les études de chimie organique. Disons seulement quelques mots des décompositions opérées sans réactions inverses.

Lorsque l'ammoniaque se décompose, l'azote et l'hydrogène restent séparés, même pendant la période du refroidissement du mélange; au contraire, lorsque l'eau est décomposée, si le refroidissement n'est pas trop brusque, les éléments se réunissent de nouveau pour reconstituer l'eau. Dans le second exemple, la décomposition est limitée, comme nous l'avons exposé, pour une température donnée; dans le premier, on conçoit qu'elle se produise sans limite; dès qu'elle commence. C'est ce qui arrive, par exemple, avec l'oxyde d'argent. Bien entendu qu'il s'agit ici des conditions dans lesquelles les produits de la réaction demeurent en présence.

Cependant, dans cette circonstance même, l'action semble fréquemment se limiter. Ainsi l'ammoniaque, dirigée à travers un tube rouge, n'est pas décomposée complétement dès que la température à laquelle la décomposition commence à se manifester : une portion du gaz échappe toujours à la décomposition et subsiste mélangée avec les produits de la décomposition, azote et hydrogène. Bien plus, la présence de divers gaz étrangers augmente la stabilité de l'ammoniaque et lui permet de résister en grande partie à des températures qui la détruiraient presque complétement, si elle était isolée. Il y a là des faits qui demandent à être étudiés de plus près.

Nous les discuterons dans la prochaine leçon, en parlant de la décomposition des substances organiques.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

**De la localisation des facultés cérébrales; de l'aphasie.**

Nous avons vu dans les dernières leçons le rôle que joue le cerveau, constitué par les lobes cérébraux dans les phénomènes instinctifs, affectifs et intellectuels. Je ne veux pas revenir sur les premiers dont l'étude se représentera dans le cours de nos leçons.

Quant aux phénomènes affectifs, je crois devoir insister sur leur localisation dans les hémisphères cérébraux. C'est là que naissent et se développent les penchants, les sentiments et les passions. C'est là qu'éclatent certaines émotions, la joie, la douleur, la peur; et c'est de là que ces émotions vont mettre en jeu, par l'intermédiaire d'autres centres, les réactions que nous avons nommées émotionnelles.

Tous ces phénomènes, une physiologie qui n'est que peu éloignée de nous les attribuait, d'accord avec les croyances populaires, aux divers viscères thoraciques ou abdominaux. Bichat lui-même, si l'on s'en tient à certains passages de ses œuvres, plaçait le siége de l'affection et de la haine dans le cœur, et la tristesse, les chagrins, dans les viscères abdominaux.

On sait qu'il n'en est rien : ce n'est pas par le cœur que les passions s'exercent. Qu'est-ce en effet que le cœur? Un muscle qui ne saurait être le siége de l'affection ni de la haine; mais par l'intermédiaire de certains nerfs, et surtout du pneumogastrique et du grand sympathique, il y a réaction sur cet organe. Alors des troubles momentanés apparaissent dans le fonctionnement du cœur; ses mouvements deviennent plus rapides, ou bien s'arrêtent en apparence, d'où syncope. Il en est de même des actions qui portent sur les viscères intestinaux, de ces jaunisses qui apparaissent à la suite d'une vive émotion, de chagrin, de peur ou de colère. Ces idées sont du reste bien connues maintenant, et l'on sait que le mot *cœur* n'est pris dans le langage usuel que dans un sens figuré. Et cette forme de langage est si générale, si bien enracinée, que l'on ne pourrait essayer de la changer sans encourir le ridicule.

Ainsi donc les émotions, les sentiments, les penchants, les passions, tous ces phénomènes ont pour origine et pour cause une modification de la substance grise cérébrale. Tantôt cette modification est instantanée; elle naît et s'évanouit tout à coup, et constitue alors une émotion. Tantôt elle est durable plus ou moins, et constitue les penchants, les sentiments et les passions.

Enfin nous avons vu que tout l'ordre des phénomènes intellectuels doit être rangé dans la physiologie du cer-

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18, 25 et 27 de la seconde.

Digitized by Google

veau proprement dit. C'est là que se fait la perception des sensations; c'est là que se forment les idées, et c'est de là que partent les incitations qui mettent en jeu le mécanisme de l'expression.

C'est encore aux lobes cérébraux qu'il faut rattacher, à titre de fonctions, la mémoire, l'attention, la réflexion, l'imagination, la conception, le jugement, le raisonnement, etc. C'est du cerveau proprement dit qu'émanent toutes les manifestations de la volonté, toutes les volitions. Ce sont là les principaux phénomènes de l'ordre intellectuel; et, ainsi que je vous l'ai dit déjà, je veux les laisser de côté. Je n'en ai fait mention que pour vous dire encore quelques mots de la volonté, pour vous montrer la révision à laquelle il faudrait soumettre ces divers phénomènes psychologiques que je viens d'énumérer.

Dans ma précédente leçon, je vous disais que bien des phénomènes de mouvement, qu'un bon nombre d'auteurs rangent parmi les mouvements volontaires, doivent être rayés de cette classe, la volonté n'y intervenant en aucune façon. Tels sont les phénomènes sensitivo-moteurs, idéo-moteurs, émotionnels et instinctifs, qui ne sont probablement que des phénomènes idéo-moteurs. Tels sont les mouvements associés ou liés les uns aux autres, soit naturellement, soit par habitude.

Je vous disais aussi que, même pour les mouvements vraiment volontaires, la volonté n'agit que de loin, de seconde main en quelque sorte, sur ces mouvements, et qu'un certain nombre de phénomènes intermédiaires doivent nécessairement avoir lieu dans les autres centres nerveux, le cervelet, l'isthme de l'encéphale, la moelle allongée, la moelle épinière et les nerfs.

Je veux aller plus loin et vous prouver que la volonté n'agit jamais primitivement, contrairement à ce que l'on pense. Pour employer le langage métaphysique, ce n'est jamais une force primitive : elle n'agit que par suggestion.

Pour bien comprendre ce raisonnement, il faut envisager les faits les plus simples de volonté. Je veux toucher cette table, la volonté n'est pas primitive. Il se présente tout d'abord à mon esprit l'idée de la table, puis l'idée de mon doigt, et presque simultanément l'idée suggestive de l'action.

Je veux faire telle chose. L'idée de la chose et de l'action que je vais faire précède nécessairement l'action elle-même. Cela a lieu si naturellement et d'une façon tellement simultanée en apparence, que l'on s'y trompe facilement. Mais la simultanéité n'est pas telle qu'avec une certaine attention on ne se rende pas compte que les choses se passent réellement ainsi. La volition est toujours secondaire et ne peut se manifester qu'à condition d'une idée qui la précède, ou la soutient, ou l'engendre même.

Pour mieux me faire comprendre, permettez-moi un terme vulgaire : on ne peut pas *vouloir à blanc*, c'est-à-dire sans objet, pas plus que l'on ne peut faire un mouvement de déglutition sans avaler de l'air, de la salive; pour que les mouvements du pharynx puissent s'effectuer, il faut une cause excito-motrice. De même pour la volonté, il faut nécessairement des causes excito-volitionnelles. Ces causes seront, je suppose, des idées plus ou moins complexes, des idées avec désir, des idées passionnées. A ce point de vue qui est le seul vrai, les volitions peuvent et doivent être envisagées comme des phénomènes d'action réflexe cérébrale.

Nous pourrions étendre nos vues sur ce sujet et montrer un mécanisme identique pour la plupart des phénomènes de l'entendement. Nous pourrions faire voir que le phénomène primitif, initial, dans cet ordre de phénomènes, c'est la perception, ou l'idée simple, ou complexe, soit immédiate, soit évoquée par la mémoire, et que sans ce phénomène aucun des autres ne pourrait se manifester.

Mais j'ai hâte de quitter ce terrain psychologique et de rentrer dans le domaine de la physiologie. Aussi me contenterai-je de vous répéter que c'est dans le cerveau proprement dit exclusivement que résident les facultés affectives, instinctives et intellectuelles. C'est là un des grands faits dont M. Flourens a doté la science. C'est aussi par le cerveau que nous acquérons la conscience de notre individualité, que nous nous sentons distincts du monde extérieur.

Comme le cerveau est le siége des instincts, c'est par lui que nous sommes sociables, que nous formons des sociétés, nécessaires d'ailleurs, mais d'une organisation d'autant plus compliquée, qu'étant plus intelligents, nous avons plus de besoins ou de désirs.

Enfin c'est là, dans le cerveau, qu'existent les virtualités qui nous font plier aux exigences sociales et respecter, sous le nom de lois morales, les lois fondamentales, indispensables à l'existence des sociétés.

Tels sont les attributs physiologiques des lobes ou hémisphères cérébraux, et assurément ce sont là des merveilles dignes de toute notre admiration.

Pour terminer l'étude physiologique du cerveau proprement dit, nous avons à rechercher si les divers modes d'activité cérébrale appartiennent à des régions déterminées et distinctes, à des îlots, pour ainsi dire, de la couche corticale. Tel phénomène se produit-il dans un certain point de l'écorce cérébrale? et tel autre phénomène dans un autre point?

Tout le monde connaît le système physiologique et philosophique de Gall. Si on laisse de côté la *cranioscopie*, qui n'a rien de sérieux que le côté empirique, comme la *physiognomomie* de Lavater, et comme elle, bien plus encore qu'elle, pouvant produire les données les plus erronées; si, dis-je, on laisse de côté ces détails que le temps a jugés, on trouve au-dessous un système qui, pour beaucoup d'hommes sérieux et sensés, serait vrai au fond, quand même les localisations indiquées par Gall seraient inexactes.

Est-il donc vrai que chaque faculté primitive ait un siége distinct, et que chaque îlot de substance grise ait

Digitized by Google

ainsi une attribution distincte, chaque faculté primitive qui y réside étant comme desservie par plusieurs facultés secondaires, ayant à son service une mémoire spéciale, un jugement spécial, etc.

Au point de vue psychologique, il est extrêmement difficile d'opposer des raisons sérieuses aux opinions émises par Gall. On peut contester sa classification des facultés; mais pour ce qui concerne leur localisation, la plupart des raisons qu'on lui oppose ne sont que des raisons de mots, des pétitions de principes. Il suffit pour s'en convaincre de parcourir les diverses réfutations psychologiques opposées à ce système. La physiologie montre ici sa supériorité, elle proteste; mais elle proteste par des faits.

Il est d'abord un fait capital indiqué par M. Flourens: c'est qu'un hémisphère tout entier peut être enlevé chez un animal sans apporter des troubles durables dans les fonctions instinctives et intellectuelles. Même chez l'homme, on a pu observer après la mort une atrophie de tout un hémisphère qui n'entraînait du vivant de l'individu aucun trouble intellectuel profond. Je place encore une fois devant vos yeux des animaux mutilés, un pigeon auquel on a enlevé un hémisphère ne paraît avoir subi aucune opération : il mange, il boit, n'a pas de trace d'hémiplégie, rien n'est changé dans ses allures.

La doctrine de Gall ne peut cependant être ébranlée par des faits de ce genre, à cause de la suppléance bien admise que peuvent exercer les deux hémisphères, l'un par rapport à l'autre. Gall, en effet, admet que la même faculté réside dans deux points symétriques du cerveau.

Mais cette doctrine résiste plus difficilement aux autres expériences de M. Flourens. Il prend une poule ou un pigeon, et lui enlève successivement des parties de ses lobes cérébraux, en haut, en avant, en arrière, sur les côtés. Il ne se produit aucun effet, il semble que l'on n'y ait pas touché ; mais sitôt que l'on dépasse une certaine limite, toutes les facultés disparaissent d'un seul coup, sans que ce changement brusque soit précédé d'un état cérébral intermédiaire. « Ainsi, dit M. Flourens, la faculté de percevoir, de juger, de vouloir une chose, réside dans le même lieu que celle d'en percevoir, d'en juger, d'en vouloir une autre. De plus, quand on fait une lésion assez étendue des hémisphères, on voit, comme résultat immédiat, tous les instincts, toute l'intelligence disparaître; mais les jours suivants ces suites immédiates se dissipent, et l'on constate le retour progressif, mais d'ensemble, de tous les instincts, de toute l'intelligence.

Les faits qui ont été rapportés par M. Bouillaud ne me paraissent pas avoir été observés avec assez de soin. Je le dis avec d'autant plus de conviction, que j'ai vu les mêmes faits que M. Flourens, et que je ne saurais à cet égard conserver aucun doute.

J'avais opéré sur des grenouilles. Vous le savez, lorsqu'on enlève le cerveau tout entier, l'animal perd tous ses instincts, même celui de la nutrition, et ne sait même plus avaler les aliments que l'on place dans sa bouche. Or, mon observation portait sur une grenouille à laquelle, par des couches successives, j'en étais venu à lui enlever la plus grande partie du cerveau, puisqu'il ne lui en restait environ que la huitième partie. Non-seulement cette grenouille avait conservé ses instincts, mais, si je puis m'exprimer ainsi, son intelligence. Elle guettait une mouche, la poursuivait, et, lorsqu'elle parvenait à la saisir, elle l'avalait fort prestement.

Si la physiologie expérimentale est tout à fait en opposition avec la doctrine de Gall, l'anatomie comparée, tant invoquée par l'édificateur de cette doctrine, ne lui laisse pas plus de crédit auprès de la science. Il suffit, pour vous en convaincre, de vous reporter aux observations de Leuret, de M. Lafargue et de M. Lélut.

L'anatomie pathologique n'était guère plus favorable à Gall jusque dans ces dernières années. La doctrine en effet place les facultés intellectuelles dans les lobes antérieurs. Or, il existe des faits nombreux de lésion profonde des deux lobes qui n'ont laissé aucun trouble intellectuel durable. M. Trousseau a cité dans ses cliniques l'observation d'un officier qui avait reçu une balle dans la partie antérieure du cerveau, qui était entrée par une tempe et sortie par l'autre, et qui, observé pendant trois mois, non-seulement jouissait de l'intégrité de son intelligence, mais apportait dans le commerce de la vie un esprit, un enjouement peu ordinaires.

En 1848, étant élève chez M. Michon, à la Pitié, j'ai vu un blessé qui avait également reçu une balle dans les parties antérieures du cerveau. Pendant quatre mois environ il se montra en parfaite possession de son intelligence, et fut emporté en peu de jours par une méningite sur-aiguë amenée par les causes les plus obscures.

On peut, d'un autre côté, trouver une abolition plus ou moins complète de toutes les facultés intellectuelles coïncidant avec des lésions limitées, ayant les siéges les plus variés.

On a, il est vrai, allégué que des lésions limitées avaient paralysé telle ou telle partie du corps. Quand la lésion siége dans le cerveau proprement dit, l'assertion est tout à fait inexacte, si on laisse de côté certains faits sur lesquels on peut élever des objections très-sérieuses, comme les faits, cités par M. Duplay, de paralysie faciale isolée avec des lésions du cerveau proprement dit.

On a dit que dans les maladies mentales telle ou telle faculté peut disparaître isolément, qu'ainsi elles n'étaient pas, en quelque sorte, mêlées; que chacune avait son siége distinct. Mais ceci n'implique nullement des siéges différents, pas plus que la perte d'un mode particulier d'une sensation n'implique que ce mode appartient à des éléments différents. Assurément tous les nerfs sensitifs cutanés ont les mêmes propriétés, et cependant un malade peut perdre la sensation de la température et conserver la sensation de douleur, de tact, et réciproquement perdre la sensation de douleur ou de tact et conserver celle de température. Ces observations peuvent se faire sur tous les sens; les malades peuvent ne plus

Digitized by Google

avoir la perception d'une couleur; ils peuvent ressentir encore le goût d'un aliment sucré et non d'un aliment salé. Ils peuvent ne plus avoir notion d'une odeur. Dira-t-on de ces perturbations isolées que l'on peut localiser ces diverses sensations? Non, assurément. Il faut donc rejeter l'argument que l'on était allé chercher dans l'observation des maladies mentales.

On ne pouvait dans ces derniers temps encore invoquer un argument sérieux contre la localisation; mais la question de l'aphémie, ou perte du langage articulé, est venue apporter un élément bien important dans la question, et un appui apparent d'un grand poids à la doctrine des localisations cérébrales.

Déjà M. Bouillaud, en 1825, avait placé dans les lobules antérieurs du cerveau : « *une force destinée à régir, » à coordonner les merveilleux mouvements par lesquels » l'homme, au moyen de la voix articulée, communique ses » pensées, exprime ses sentiments et peint pour ainsi dire les » émotions de son âme.* » A l'appui de cette doctrine il apportait des faits qui paraissaient d'une grande autorité. Des observations contradictoires furent fournies par M. Cruveilhier, M. Andral, Lallemand, et plus tard par M. Michon, M. Trousseau, M. Chassaignac. Mais il est parmi ces observations, après celle du blessé que j'ai observée en 1848, qui parlait sans le moindre embarras, il est, dis-je, une observation capitale et que je tiens à placer sous vos yeux.

Il s'agit d'une jeune idiote dont le cerveau a été dessiné sur cette planche de l'atlas d'anatomie pathologique de M. Cruveilhier. Elle était privée des lobules antérieurs et cependant elle articulait très-nettement quelques mots lorsqu'elle était pressée par la faim.

Cette localisation paraissait bien jugée, lorsque M. Broca est venu la remettre à l'étude, en la modifiant et en apportant à l'appui de son opinion des faits très-remarquables, qui fournissaient un argument très-spécieux à la doctrine en désarroi.

Dans deux cas à Bicêtre, dans lesquels la parole avait été abolie à peu près complétement, il trouva une lésion très-limitée surtout, dans un cas, à la partie postérieure de la troisième circonvolution frontale. Il en fit le siége de la faculté du langage articulé. M. Broca fit bien remarquer que les individus n'étaient pas déments. L'un surtout n'avait que peu de paralysie, et par ses gestes et par sa mimique il se faisait comprendre parfaitement. Depuis, d'autres faits ont été observés. La plupart sont dus à M. Charcot, quelques-uns à M. Trousseau et à d'autres médecins. Il y a eu même des cas traumatiques.

Il y a là quelque chose évidemment de très-remarquable, car parmi ces faits, plusieurs, et même la plupart, sont relatifs à des individus chez lesquels l'intelligence quelquefois en apparence intacte, le plus souvent plus ou moins fortement atteinte, était encore assez conservée pour permettre la parole. La langue paraissait jouir de ses mouvements normaux, mais cependant pas d'une manière constante, et cependant la parole était perdue. Quelquefois en outre, ces malades avaient perdu les manifestations mimiques et l'expression par l'écriture. Quelques mots semblaient sauvés du naufrage et montraient la possibilité de l'articulation des sons. Les uns cédant à des prières réitérées arrivaient à prononcer un mot; une malade que j'ai pu observer ne disait spontanément que *monsieur*. En général, ces désordres étaient accompagnés d'hémiplégie, mais pas d'une manière constante.

Il est dans cette doctrine certains faits qui peuvent nous inspirer le doute sur la légitimité de cette localisation.

D'abord c'est toujours à gauche que l'on a placé cette lésion, comme l'indique le fait signalé en 1836, par M. Dax, avant que le siége précis eût été indiqué. On a continué à accepter cette localisation; or, il paraît absolument certain que les deux hémisphères sont symétriques au point de vue des fonctions comme au point de vue anatomique, et cependant plusieurs faits ont été observés à droite sans aphémie.

Il y a là, par conséquent, quelque chose de si illogique en apparence, que l'on ne peut se défendre d'une certaine défiance, relativement à la signification des faits allégués.

Secondement, ce qui est plus significatif, il y a plusieurs faits d'aphémie, et j'en ai observé de semblables sans aucune lésion de la troisième circonvolution frontale gauche, avec des lésions soit du lobe occipital, soit du lobe moyen, soit à droite soit à gauche, et l'on peut ne pas douter que ces faits se multiplieront. Il me paraît même certain que l'on trouvera des faits d'aphémie avec des lésions dela troisième circonvolution frontale droite. Je sais dien que l'auteur qui a le premier cherché à prouver la localisation de la faculté du langage dans les lobes antérieurs n'est troublé par aucun des faits qui paraissent contraires à sa doctrine. Lorsque l'on trouve une lésion dans l'un des lobes antérieurs seulement, chez un individu non aphémique, il admet que l'autre lobe étant intact peut suppléer celui qui est lésé. Mais lorsque la lésion est en dehors des lobes antérieurs et qu'il y a véritable aphémie, que peut-il alléguer? Je ne crains pas d'ailleurs de prédire qu'un jour ou l'autre on trouvera des faits de lésion profonde des deux lobes antérieurs sans aphémie.

Mais sans escompter l'avenir, on peut dire dès à présent que les faits d'aphémie, quelque intéressants qu'ils soient à bien des points de vue, ne sont pas assez concordants pour avoir une valeur décisive et entraîner la conviction. Ils ne sauraient fournir un appui solide à la doctrine. Il est possible que des lésions situées sur le trajet de certains trousseaux de fibres cérébrales influencent plus spécialement tel ou tel organe; mais cela n'est pas démontré, et quant à la substance grise corticale, il n'y a rien qui autorise à émettre la même hypothèse.

En résumé, tous les faits parlent contre cette disloca-

Digitized by Google

tion, cette répartition des facultés par départements isolés dans la substance grise. Gall et ses adeptes, et les philosophes qui à leur suite ont cherché à instituer cette sorte de géographie cérébrale, ont fait une œuvre ingénieuse, mais sans base sérieuse et qui doit être par conséquent bannie de la biologie positive, c'est-à-dire de celle qui ne s'appuie que sur des faits d'expérience ou d'observation.

L'expérience et l'observation nous apprennent ici, quelque difficulté que nous puissions avoir à comprendre ces résultats, que les diverses parties des hémisphères, et surtout de la substance grise, peuvent se suppléer; qu'une partie relativement minime, surtout chez les animaux, peut suffire à remplir les fonctions du tout, et conséquemment la doctrine des localisations des facultés intellectuelles, affectives et instinctives, n'a aucune consistance. Gall et surtout ses successeurs plaçaient le siége de quelques-unes de leurs facultés dans le cervelet, qui n'est le siége d'aucune.

Cette suppléance réciproque des diverses parties de la substance grise, nous l'avons déjà constatée dans la moelle et dans le cervelet et nous la constatons encore ici. C'est une des grandes lois du mécanisme de l'action des diverses parties de cette substance grise.

Identité fonctionnelle des divers points de la substance grise cérébrale. Mêmes modes variés d'activité et suppléance réciproque de ces diveos points. Tel est le résumé de cette dernière partie de nos études de physiologie générale du système cérébro-spinal.

E. Brémond.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ZOOLOGIE (1).

COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

### IX.

**De la reproduction du corail.**

Le *lait* du corail n'est autre chose que la semence dans l'opinion des pêcheurs; d'après eux, il suffit de déchirer une pointe de corail, d'en laisser tomber le lait sur une pierre, d'exposer la tache au soleil et de lancer ensuite la pierre à la mer, pour qu'à la place que le lait a touché il vienne un pied de corail. Beaucoup de savants anciens ont aussi considéré ce liquide comme jouant un rôle important dans la reproduction. Il n'en est rien cependant, et le rôle du lait, relativement à la conservation de l'espèce, n'a absolument rien de spécial. On a vu dans la dernière leçon que c'est un liquide qui remplit les vaisseaux du sarcosome et le corps des polypes, qui est un mélange de tous les éléments histologiques de l'organisme avec les liquides élaborés par la digestion et l'eau venue du dehors, et qui peut, par conséquent, à certains moments, renfermer aussi les produits des glandes génitales, puisque les organes de la reproduction sont placés chez les coralliaires dans la cavité digestive.

Il faut étudier maintenant ces organes et leurs fonctions. Si l'on réussit à faire vivre en été une branche de corail, ce qui est difficile, et si on l'observe avec soin vers la fin d'août ou le commencement de septembre, on voit partir par la bouche des polypes de petits corpovoïdes, que l'on pouvait du reste apercevoir auparavant par transparence dans le corps de ces animaux; ces corps tombent d'abord au fond du vase, puis on les voit s'agiter et se déplacer, grâce aux cils vibratiles qui couvrent leur surface; ce ne sont pas seulement des œufs, ce sont des embryons ayant déjà subi un certain développement, ce sont, comme on dit, des *larves*. Ces larves ressemblent à de petits vers blancs de forme éminemment variable, tantôt globuleuse, tantôta llongée, et si l'on fait sur les polypes en état de gestation des coupes tangentielles aux cylindres qui constituent leurs corps, on voit la cavité générale de ces derniers remplie de ces larves; le corail est donc *vivipare*.

Les mœurs des larves en question sont extrêmement intéressantes à étudier, mais, pour cela, il faut d'abord pouvoir les conserver en parfait état de santé; or, c'est à quoi l'on n'arrive qu'en renouvelant plusieurs fois par jour l'eau des vases qui les renferment, et comme elles sont extrêmement petites, il n'y a qu'un moyen de le faire et ce moyen est fort pénible : il consiste à pêcher ces larves l'une après l'autre avec une pipette de terre, et à les transporter ainsi dans des bateaux renfermant de l'eau nouvellement recueillie. Aussitôt arrivées dans l'eau pure, elles se meuvent avec une très-grande agilité, puis descendent au fond pour se reposer; mais la moindre secousse les remet en mouvement, et elles regagnent la surface de l'eau en recherchant surtout les parois. — Ce n'est que dix ou quinze jours après leur naissance que, comme on le verra plus tard, elles se fixent pour se métamorphoser et se développer. Revenons maintenant au polype mère.

C'est dans l'épaisseur des replis intestiniformes que sont placés les organes de la reproduction; si l'on fait des coupes perpendiculaires à l'axe du corps, on voit flotter dans la cavité générale des corps blancs transparents au centre, sphériques d'abord, ovoïdes, réniformes ou trigones dans la suite, qui ne sont autre chose que les *organes mâles* ou *testicules*. Quant aux *œufs*, ils se présentent sous forme de globules parfaitement sphériques qui, lorsqu'on a ouvert l'animal sous l'eau, flottent dans ce liquide, traînant souvent après eux un long pédoncule. Les deux organes mâle et femelle se développent tous deux dans l'intérieur des replis intestiniformes; ces replis sont constitués comme les autres parties de l'animal, par un tissu cellulaire à cellules petites, parsemé de nombreux nématocystes, et recouvert d'une couche de ces cellules à granulations dont il a été question

(1) Voy. les nos 6, 9, 15, 21, 23, 25, 27 et 28.

Digitized by Google

dans la dernière leçon. La partie la plus interne présente l'apparence de fibres qui sont certainement des fibres musculaires.

Une des petites cellules intérieures venant à s'accroître aux dépens de ses voisines, se développe peu à peu, fait saillie à la surface du repli et finit par n'y tenir que par un pédoncule, lequel n'est autre chose que la continuation des tissus qui entouraient la cellule. C'est ainsi que se produisent les capsules mâles et les œufs : les premières renferment des cellules *spermatogènes*, c'est-à-dire productrices des filaments fécondateurs ou spermatozoïdes ; ceux-ci se présentent sous la forme d'un fil délié terminé par une tête globuleuse, et quand ils sont complétement débarrassés de la cellule qui les a produits, ils sont doués d'une très-grande agilité.

Tandis que les capsules mâles renferment un grand nombre de cellules spermatogènes, les capsules femelles, au contraire, ne contiennent qu'un seul œuf. Cet œuf, comme celui de tous les animaux, est constitué par une membrane enveloppante (membrane vitelline) dans laquelle est renfermé le *vitellus* ou *jaune*, se présentant lui-même sous l'aspect de grosses gouttelettes d'une matière grasse qui réfracte très-fortement la lumière.

Dans la masse du jaune, on aperçoit, lorsque l'œuf n'est pas encore mûr, et dans le voisinage des parois, une partie plus claire qui disparaît plus tard et que l'on appelle la *vésicule transparente* ou *de Purkinje ;* enfin, au milieu de cette éclaircie apparaît une partie sombre, quelquefois double, que l'on appelle la *tache germinative.*

Quant à l'union ou à la séparation des sexes, rien n'est fixe à cet égard dans le corail : tantôt, et c'est un cas très-fréquent, un même zoanthodème ne présente que des mâles ou des femelles, il y a *diacie ;* tantôt, au contraire, il y a en même temps dans le zoanthodème des mâles et des femelles ; mais alors, ou bien les mâles se trouvent sur certaines branches et les femelles sur d'autres branches, ou bien ils sont mélangés sur les mêmes rameaux. Un cas assez rare est celui où les deux organes reproducteurs sont réunis dans le même polype, et alors il y a hermaphrodisme complet ; il peut arriver enfin que l'on rencontre à la fois sur le même zoanthodème des mâles, des femelles et des hermaphrodites : c'est le cas de la *polygamie*, comme disait Linné.

La rencontre des éléments reproducteurs mâle et femelle n'a pas été aussi bien observée dans le corail qu'elle l'a été par Bischoff et d'autres physiologistes dans les animaux supérieurs ; on sait, en effet, que chez ces derniers on a pu non-seulement apercevoir les spermatozoïdes dans l'intérieur de l'œuf, mais encore les voir entrer dans cette cellule ovarienne par une petite ouverture appelée le micropyle. Or, dans le corail il a été complétement impossible d'en arriver encore à ce point, et l'on n'a pu que constater la présence des spermatozoïdes dans le voisinage des œufs ou des capsules qui les renferment.

Le corail étant vivipare, comme il a été déjà dit, les œufs ne sortent pas de la cavité du corps des polypiers ; l'élément mâle seul est lancé au dehors, et c'est par l'intermédiaire de l'eau qu'il arrive au contact de l'élément femelle soit dans le même polype, soit dans le même zoanthodème, soit même pour aller féconder un zoanthodème plus ou moins éloigné. Lorsqu'on peut conserver du corail dans un aquarium et assister au phénomène de la reproduction, on aperçoit, à l'époque où ce phénomène se passe, des traînées blanches formées dans l'eau par un liquide blanc que les mâles rejettent par la bouche et qui n'est autre chose que la semence, car si on l'observe sous le microscope on le trouve rempli de ce qui caractérise cette dernière, c'est-à-dire de spermatozoïdes.

Le contact des deux éléments a lieu non-seulement dans le corps des polypes, mais encore dans l'intérieur de l'ovaire lui-même, il est donc nécessaire que le spermatozoïde pénètre au travers des parois qui constituent la capsule de l'œuf, ou bien, ce qui est plus probable, que celle-ci soit déchirée d'avance de façon à lui laisser un chemin ouvert, par lequel il puisse arriver jusqu'au vitellus.

Chez tous les animaux, l'ébranlement occasionné par le contact du spermatozoïde avec l'œuf, et qui constitue la fécondation, est suivi d'un mouvement particulier, par lequel le vitellus se sépare d'abord en deux cellules, puis chacune de celles-ci en deux autres, chacune de ces dernières en deux autres encore, de façon que l'œuf devient mamelonné et mûriforme ; c'est ce qu'on appelle le *fractionnement*. Chez le corail, ce fractionnement se passe certainement dans l'intérieur de l'ovaire, puisque hors de cet organe on ne rencontre que des embryons déjà formés ; mais dans ces conditions il doit être fort difficile à observer, puisqu'il est masqué par l'épaisseur des parois de la capsule dans laquelle l'œuf est renfermé ; aussi M. Lacaze n'a jamais pu observer ce fractionnement chez le corail, quoiqu'il se soit occupé pendant deux ans de cette recherche ; une seule fois, il en a seulement observé quelques apparences ; la difficulté est tout aussi grande dans les autres coralliaires, et les études les plus minutieuses ont échoué sur ce point ; il n'y a cependant aucun doute que le fractionnement ne se produise chez ces animaux comme chez tous les autres ; seulement il se produit dans la profondeur des tissus, et de plus, il se passe très-probablement avec une grande rapidité.

Quoi qu'il en soit, l'œuf fécondé commence à se développer dans l'intérieur de l'ovaire, puisque les corps ovoïdes et blanchâtres que l'on trouve libres dans la cavité abdominale sont déjà capables de mouvements, et sont, par conséquent des embryons, et que d'ailleurs on n'a jamais observé la sortie hors des polypes de corps analogues à des œufs, mais toujours d'œufs déjà considérablement développés.

Les œufs ou les embryons restent donc pendant un temps plus ou moins long dans la cavité digestive du polype mère, et il est bon de remarquer ici en passant cette présence simultanée dans un même organe de cer-

Digitized by Google

taines matières alimentaires qui y sont dissoutes, et d'autres matières qui, tout à côté, au lieu de s'y détruire, y prennent au contraire, un rapide accroissement.

Il est difficile de dire combien de temps dure la gestation, car si l'on peut observer la sortie des larves, on ne sait pas exactement à quelle époque les œufs se sont détachés des replis intestiniformes ; on peut cependant assigner à cette période la durée d'un mois environ ; dans les derniers jours, les larves sont très-visibles par transparence dans le corps des polypes : on les voit se mouvoir au milieu des replis radiés et s'engager même quelquefois jusque dans la cavité des tentacules ; enfin, elles sortent par la bouche, comme il a été dit dans la dernière leçon, et nagent au moyen des cils vibratiles dont la surface de leur corps ne tarde pas à se recouvrir ; elles se creusent d'une cavité et déjà on peut, dans leurs tissus, distinguer les deux couches qui ont été décrites dans l'animal parfait, l'une interne, à grosses cellules remplies de nombreuses granulations ; l'autre externe, à cellules plus petites, plus transparentes et plus serrées.

Il est difficile de dire combien de temps les larves restent ainsi à l'état de liberté dans les conditions ordinaires. Dans les aquariums, ce temps est de dix à quinze jours ; mais les influences extérieures peuvent changer très-notablement cette durée, et M. Lacaze a vu, par exemple sous l'influence du *siroco*, des larves très-agiles d'*Astroïdes calycularis*, perdre tout à coup tout mouvement, changer de forme, devenir adhérentes et discoïdes. On ne saurait donc affirmer que la période de liberté soit aussi longue, et M. Lacaze pense, au contraire, qu'elle l'est beaucoup moins que cela. Voici en peu de mots comment la métamorphose se produit.

Les larves, on le sait, ont une extrémité beaucoup plus effilée que l'autre, c'est celle qui porte la bouche. L'extrémité élargie grossit davantage, se couvre d'une matière muqueuse et se fixe sur un corps solide voisin. En même temps, le corps qui était allongé se raccourcit, devient ventru et peu à peu arrive à la forme d'un disque, dont la face inférieure est plane et dont la face supérieure est creusée d'une dépression qui est la bouche. Cette transformation est très-rapide ; elle est suivie d'une érosion qui se fait dans la cavité générale et qui augmente la grandeur de cette cavité. Si la larve s'est fixée sur une plaque de verre, on observe très-facilement les transformations qu'elle subit, à cause de la transparence de ses tissus ; on voit que le centre est obscur et que la couche externe, plus claire, au contraire, envoie dans l'intérieur des prolongements sous forme de cloisons, qui sont les premiers vestiges des replis radiés ; bientôt on reconnaît que cette partie obscure est formée par les grosses cellules à granulations, tandis que la couche claire est constituée par les petites cellules transparentes. Jusqu'ici, les tissus du jeune oozoïte sont parfaitement incolores, mais les spicules ne tardent pas à s'y développer et à donner leur teinte à ces tissus, par l'accumulation de petits points rouges distincts. Ces corpuscules calcaires se développent probablement chacun dans l'intérieur d'une cellule, mais il n'a pas encore été possible de s'en assurer. A l'origine, ce sont de petits bâtonnets à peu près cylindriques, obtus à leurs extrémités, et non colorés ; mais la coloration se développe peu à peu et la forme caractéristique ne tarde pas à se manifester, représentant deux triangles isocèles croisés dont les formes se couvrent ensuite d'aspérités nombreuses.

Quant aux bras, ils apparaissent d'abord sous l'apparence de huit mamelons, qui naissent autour de la bouche et s'accroissent graduellement en se couvrant eux-mêmes sur les bords de deux rangées de barbules.

A ce moment, l'oozoïte est complet : il a la forme d'une petite outre fixée par sa base et colorée par des spicules qui s'arrêtent à la hauteur où commencent les festons du calice. Mais il ne reste pas longtemps dans cet état de simplicité, et bientôt, sous l'effet de la force blastogénique qui se manifeste en lui, il se dispose à produire par bourgeonnement des polypes semblables à lui et qui lui seront intimement unis. Voici comment ce développement commence et se continue.

En un point quelconque de la surface rouge de l'oozoïte, on voit se former une petite tumeur proéminente sur laquelle la matière colorante disparaît peu à peu pour laisser le bourgon blanchâtre et transparent.

Celui-ci se creuse bientôt d'une cavité qui est et doit rester distincte de celle de l'oozoïte primordial ; cette cavité s'agrandit, et finit par s'ouvrir au dehors pour constituer la bouche du blastozoïte en voie de formation ; le pore ainsi constitué, observé à la loupe, a une forme étoilée et présente déjà huit échancrures distinctes ; entre ces échancrures qui sont les bords du calice, on aperçoit des traînées allant du centre à la circonférence, et qui ne sont autre chose que les replis radiés, lesquels sont dus à des parties du tissu intérieur que l'érosion a laissé subsister.

Sur les bords de la bouche, on voit ensuite paraître de petits mamelons qui se développent pour constituer les bras, exactement comme il a été dit pour l'oozoïte.

Sur cet oozoïte lui-même, et sur le blastozoïte formé, naissent de la même façon de nouveaux blastozoïtes, et c'est ainsi que la colonie s'accroît, que le zoanthodème se forme. Au commencement, la force blastogénique s'exerce à peu près indifféremment sur tous les points de l'ensemble des polypes déjà formés ; mais plus tard, son activité se montre spécialement aux extrémités des tiges, et elle diminue à mesure que l'on avance vers la partie inférieure des branches ; mais cependant elle y subsiste toujours dans une sorte d'état latent, car, si, par une cause quelconque, une lésion vient à être faite au sarcosome dans une de ces parties âgées, la blastogenèse s'exerce là avec toute son activité première : c'est ce qu'on remarque dans le cas où deux branches de corail viennent à se rencontrer ; le frottement qui s'exerce entre elles produit une blessure, et alors l'activité vitale se réveille,

Digitized by Google

en ce point, et produit une soudure de la même manière qu'une soudure se produit dans la *greffe par approche*, lorsque deux branches d'un végétal, dépouillées en un point de leur écorce, viennent à être appliquées l'une contre l'autre en ce point.

Jusqu'ici il n'a été question que de l'accroissement du sarcosome; il reste à parler de la formation du polypier, en ajoutant quelques détails à ce qui été dit sur ce sujet dans une des précédentes leçons, d'autant plus, que c'est là une question qui a donné matière à des discussions nombreuses. M. Lacaze n'a pu observer les premières traces du polypier dans les oozoïtes, mais il les a suivies avec beaucoup de soin dans de très-jeunes zoanthodèmes d'une grosseur de deux millimètres à peine. Là on aperçoit de petits noyaux de substance pierreuse, qu'on reconnaît facilement n'être autre chose qu'une agglomération de spicules, et si, usant des soins les plus minutieux, à cause de la fragilité de ce rudiment de polypier, on soumet le zoanthodème à une putréfaction lente, on remarque que ces noyaux s'accroissant peu à peu dans les divers sens, finissent par se rencontrer et par se souder; l'ensemble qui en résulte étant moulé sur le pourtour de la cavité de l'animal a nécessairement la forme d'un fer à cheval, qui s'élève peu à peu au-dessus du rocher où cette première lamelle est soudée. On voit donc par là que, dès son origine, le polypier se trouve au milieu de l'épaisseur du sarcosome : c'est là une remarque importante, comme on va le voir bientôt.

Supposons maintenant qu'un nouvel animal vienne à se développer sur le polype dont nous venons d'examiner le polypier rudimentaire; une lamelle en fer à cheval se produira de la même manière dans ce jeune polype, et deviendra contiguë à la précédente; si une troisième se produit en un autre point, il en résultera une lamelle trigone extrêmement délicate; or, c'est là ce qu'on observe à l'extrémité des zoanthodèmes les plus âgés, c'est-à-dire dans les endroits où la blastogenèse s'exerce d'une façon active, et cela tient à ce que les polypes se produisent ordinairement par séries de trois adossés. Nous avons déjà dit que le corps irrégulier, presque toujours trigone, qu'on rencontre au centre d'un polypier âgé et cylindrique, n'est autre chose que la trace de ce système des trois lamelles primitives, et que ce n'est que graduellement que le remplissage des angles formés par ces lamelles s'est produit; un dépôt de spicules empâtés par un ciment calcaire se fait dans ces sortes d'anfractuosités, et bientôt la forme de l'axe devient régulière.

La production du polypier complet étant ainsi expliquée, on voit que ce corps solide ne saurait être attribué à une production épidermique, comme certains auteurs ont cru devoir le faire; il ne commence pas en effet, par la couche de l'oozoïte, il renferme des éléments qui se trouvent dans les profondeurs de l'économie, et enfin, il est impossible de voir un épiderme entre le polypier et la couche des vaisseaux longitudinaux qui lui est appliquée.

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### XXXI.

**Le curare considéré comme moyen d'investigation physiologique.**

Dans les séances dernières nous avons exposé et discuté les expériences faites avec le curare dans un but thérapeutique.

A ce propos nous avons examiné ce qu'on doit entendre aujourd'hui, dans l'état actuel de la science, par l'antagonisme de deux substances médicamenteuses, et recherché comment cet antagonisme est admissible au point de vue physiologique. Notre conclusion a été que des neutralisations se comprennent chimiquement entre des substances qui se combinent pour donner naissance à un autre composé, mais qu'il n'y a pas de neutralisation possible en physiologie.

Nous avons essayé de rendre compte de l'action bienfaisante du curare dans les cas d'empoisonnement par la strychnine en faisant intervenir l'influence que cette substance exerce sur les sécrétions, et par suite sur l'élimination. L'action du curare contre les maladies convulsives échappe à cette explication. Mais est-ce à dire pour cela qu'on doive s'abstenir d'employer le curare dans les cas de ce genre? Non, car l'explication viendra quand les progrès de la science le permettront; mais en attendant, l'empirisme sert lui-même à la science; il suffit que l'utilité du médicament se manifeste d'une manière évidente pour qu'on doive l'employer. La thérapeutique peut sans scrupule avoir recours à des substances qu'elle a reconnu empiriquement être bienfaisantes, bien qu'elle ignore encore complétement l'explication scientifique de leur mode d'action. Personne ne nous proposerait assurément de ne pas employer le sulfate de quinine parce que nous ignorons comment agit cette substance pour guérir la fièvre.

Toutes les sciences, mais particulièrement les sciences complexes, comme la science médicale, se fondent empiriquement; elles marchent et progressent par empirisme. L'empirisme est donc une chose utile et qui rend de nombreux services en attendant la science; mais il ne suffit pas et il ne doit point étouffer l'aspiration scientifique. Ici, dans notre enseignement, c'est le côté scientifique qui doit surtout nous préoccuper.

Ce que nous devons faire dans la chaire de médecine scientifique du Collége de France, c'est de chercher l'explication scientifique des faits observés d'abord empiriquement, parce que c'est en cherchant ces explica-

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 27 et 28.

Digitized by Google

tions qu'on sera conduit à fonder la science et à établir des lois générales qui comprendront les fait connus et en feront découvrir de nouveaux. Par la théorie, la science marchera plus rapidement et plus sûrement que l'empirisme, et elle procédera d'une manière logique d'après des lois déterminées. C'est seulement en suivant la voie expérimentale que la médecine peut réellement devenir une science appliquée, car bien qu'on fasse de la médecine depuis le commencement du monde, il ne faudrait pas croire pour cela que la pratique médicale soit de la science médicale appliquée; c'est seulement de l'empirisme, et c'est à peine si aujourd'hui nous apercevons quelques lueurs scientifiques.

Pour le moment, il ne me paraît pas y avoir d'utilité sérieuse à poursuivre plus loin les discussions thérapeutiques sur le curare, parce que les faits nous manquent encore et que nous ne pourrions par suite les remplacer que par de vagues hypothèses.

Nous allons donc passer à un autre genre d'études qui se rattachent toujours à notre plan général, car si nous avons pris le curare pour sujet de ces leçons, ce n'était point du tout dans l'intention de faire l'histoire spéciale d'un médicament, ni d'une substance toxique, mais bien parce que cette substance est extrêmement intéressante au point de vue de l'analyse des phénomènes de la vie, et qu'elle peut nous permettre de poursuivre plus loin les recherches physiologiques. Au fond il n'y a point de distinction radicale entre les différentes sciences médicales, et l'on ne peut prétendre fixer le domaine de chacune pour l'y renfermer. Dans l'étude d'une substance active, il n'y a point de faits chimiques, de faits toxicologiques, de faits physiologiques; il y a seulement un corps dont les effets sont à étudier. Nous devons étudier tous ces effets, et, de quelque nature qu'ils soient, ils sont toujours très-intéressants pour nous, puisqu'ils nous instruisent toujours sur le mécanisme des phénomènes de la vie, dans les diverses conditions où il peut nous être donné de les observer.

Le curare est donc entre nos mains non-seulement un poison ou un médicament, mais une sorte de scalpel physiologique, plus délicat que les scalpels anatomiques, et d'une très-grande utilité pour nous instruire sur le mécanisme de la vie. En effet, la définition de la vie donnée par l'encyclopédie est encore la meilleure de toutes dans sa simplicité presque naïve : « La vie c'est le contraire de la mort. » Cherchons donc comment l'animal meurt pour savoir comment il vit, et chaque mécanisme de la mort que nous découvrirons nous dévoilera du même coup une fonction particulière qui s'accomplissait dans l'être vivant et qui était essentielle à son existence.

Nous allons donc maintenant vous montrer comment le curare parvient à trancher certaines questions encore controversées entre les physiologistes, et comment il peut servir à découvrir des faits nouveaux. C'est avec le curare que nous ferons maintenant l'histoire physiologique du nerf moteur, parce qu'en suivant tous les détails de la mort de ce nerf sous l'influence du poison, nous étudierons en même temps les propriétés qui le rendaient capable, à l'état normal, de remplir son rôle dans l'organisme, et nous les verrons s'éteindre successivement. Sans le curare nous ne connaîtrions encore presque rien des propriétés du nerf moteur. D'autres substances toxiques, la strychnine, par exemple, pourraient servir à faire l'histoire du nerf sensitif, et il en sera de même des autres éléments histologiques qui pourraient être étudiés à l'aide de certaines substances toxiques spéciales.

Tout d'abord, le curare agissant exclusivement sur une partie déterminée du système nerveux prouve par cela même qu'un système se compose de parties distinctes ayant des propriétés physiologiques spéciales. C'est en analysant dans leur détail l'action des substances toxiques qui détruisent le système nerveux que nous arrivons, bien mieux que par la vivisection qui est toujours relativement grossière, à comprendre la manière dont se comporte ce système dans les différents phénomènes de la vie.

Nous vous avons dit bien des fois déjà que la médecine devait être expérimentale, c'est-à-dire agir sur les malades, et qu'elle ne pouvait pas se contenter du système d'observation pure comme le fait l'astronomie. La médecine expectante ne suffit donc pas. Mais pour agir sur les malades et modifier les phénomènes physiologiques ou morbides qui se passent en eux, il faut connaître le mécanisme de ces phénomènes, et pour cela l'étudier par l'expérimentation.

Malheureusement nous avons bien peu de moyens pour pénétrer ainsi dans l'intérieur de l'organisme, y suivre les phénomènes de la vie, en déterminer le siége, la cause, le mécanisme.

Pour découvrir la fonction d'un organe, ou d'une partie quelconque, nous n'avons guère qu'un procédé, que Galien nous indique déjà, c'est de retrancher cet organe ou cette partie et d'examiner ensuite les troubles qui en résultent dans le fonctionnement général de l'organisme, les phénomènes qui ne se produisent plus : on peut de cette manière arriver à découvrir le rôle spécial des diverses parties organiques.

En un mot, notre procédé de recherche, c'est la vivisection. Mais c'est là un moyen d'investigation bien grossier; car malgré la perfection et la délicatesse de plus en plus grande de nos instruments opératoires, nous ne pouvons arriver à séparer ainsi que des parties organiques encore fort grosses, comparativement à la ténuité extrême des éléments histologiques auxquels nous savons que la vie est attachée. Ce sont nécessairement eux qu'il faut atteindre pour que nous puissions nous rendre compte des phénomènes de la vie.

Les poisons sont entre nos mains des moyens de vivisection perfectionnés, bien plus délicats que tous les in-

Digitized by Google

struments qu'on pourrait faire, et dont le plus grand avantage est de nous permettre de suivre un élément histologique particulier dans toutes les parties du corps, en respectant les autres : nous avons là un moyen excellent de déterminer tout ce qui appartient à cet élément dans les actions complexes de l'organisme.

Le curare est jusqu'à ce jour l'exemple le plus incontestable des services que peut rendre à la physiologie l'étude des poisons comprise à ce point de vue. Le curare, en effet, peut, ainsi que nous vous l'avons déjà dit, servir à faire l'histoire complète du nerf moteur. C'est ce que nous allons vous développer.

Le nerf moteur prend son origine dans des cellules nerveuses particulières de la moelle épinière, qui sont généralement un peu plus grosses que les autres cellules de cette même moelle, et qui présentent le plus souvent une forme multipolaire : on les a appelées, à cause de leurs connexions physiologiques, cellules motrices. Chacune de ces cellules, qui sont du reste en relation avec les cellules voisines par des connexions particulières, émet une petite fibrille nerveuse composée d'un filament central nommé *cylinder axis*, entouré d'une sorte de moelle, liquide et incolore pendant la vie, coagulable et blanchâtre après la mort, laquelle est elle-même contenue dans une gaîne spéciale. La réunion d'un certain nombre de ces fibrilles primitives constitue une racine rachidienne, qui sort de la moelle et se réunit bientôt, c'est-à-dire s'accolle sans se confondre avec la racine sensitive correspondante. Le nerf moteur continue alors sa route pour aboutir dans les muscles, où il se divise et se subdivise pour se distribuer à toutes les fibres musculaires, chaque fibre nerveuse primitive se divisant dichotomiquement à cet effet un certain nombre de fois. La fibre nerveuse se termine dans la fibre musculaire par une sorte de plaque nerveuse récemment découverte, et qui est en grande partie constituée par l'épanouissement du cylinder axis. Nous parlons ici spécialement des fibres nerveuses qui se distribuent aux muscles des membres ou de la vie animale; car les fibres du grand sympathique ne présenteraient pas généralement de plaques nerveuses, d'après les recherches de M. Trinchèse.

Telle est, dans ses différentes parties, la constitution d'un nerf moteur. Le curare empoisonne ce nerf tout seul; mais, ce qui est plus curieux encore, le curare peut toucher impunément toute l'étendue de ce nerf, excepté son extrémité musculaire. Cet élément histologique est donc atteint par le curare, et cependant, comme l'Achille d'Homère, il n'est vulnérable que par un point très-restreint. C'est là une particularité fort intéressante, et qui ne peut soulever le moindre doute. Fontana avait déjà remarqué que le tronc nerveux n'était pas empoisonné par le curare; il avait, par exemple, entouré le tronc du nerf sciatique d'un linge trempé dans une dissolution de curare, pendant plus de douze heures, sans que ce nerf fût le moins du monde empoisonné. Il est donc facile, en empoisonnant un animal par le curare, de préserver un de ses membres, ou même un seul de ses muscles; il suffit, pour cela, de couper ou de lier les artères qui se rendent à ce membre ou à ce muscle, ainsi que nous l'avons fait bien souvent devant vous.

L'action du curare se trouve donc localisée par toutes les expériences antérieures, dans un point très-limité, l'extrémité musculaire du nerf moteur. Nous serrons donc maintenant la question d'aussi près que possible, et nous devons chercher à la résoudre, c'est-à-dire à découvrir le phénomène particulier qui se passe là. C'est ainsi que se fait la science : on commence par circonscrire une question, et de proche en proche, on la localise et on la ramène à son dernier élément. C'est là que doit se trouver le fait particulier qui explique les phénomènes; mais c'est là aussi qu'est placée la limite de la science; ce serait folie que de chercher à la dépasser, car au delà se trouvent les questions de cause première inabordables pour l'esprit humain.

Je vais vous citer un exemple pour vous faire comprendre ce que j'entends par limite de nos connaissances en physiologie. On sait que l'empoisonnement par la vapeur de charbon est surtout dû aux propriétés toxiques de l'oxyde de carbone, comme l'ont mis en évidence les expériences de M. Leblanc, nous avons montré que l'oxyde de carbone formait une combinaison fort stable avec les globules du sang, d'où il chassait l'oxygène; cette combinaison définie vient même d'être isolée en Allemagne, et ses propriétés chimiques ont pu être étudiées. Les globules, ainsi transformés en un composé stable par la substitution de l'oxyde de carbone à l'oxygène, sont pour ainsi dire minéralisés, et deviennent impropres à remplir leurs fonctions, qui exigent des combinaisons très-instables, fonctions qui consistent principalement à porter et à céder de l'oxygène aux différents organes. Ainsi, l'oxyde de carbone a déplacé l'oxygène du globule, en raison de sa plus grande affinité pour l'hématoglobuline, et l'oxygène ne peut plus le déplacer. Voilà toute l'explication de l'empoisonnement, qui amène la cessation de l'introduction de l'oxygène dans l'organisme. Mais maintenant, pourquoi l'oxyde de carbone a-t-il plus d'affinité pour les globules du sang que pour d'autres éléments organiques, et pourquoi en a-t-il plus que l'oxygène pour le globule? C'est une question que nous ne devons pas nous poser, parce qu'elle est insoluble. Dans les recherches scientifiques, il faut toujours s'arrêter aux propriétés de la matière; et si l'on demande au chimiste, par exemple, pourquoi l'acide sulfurique est plus énergique que l'acide carbonique, et est capable de chasser ce dernier gaz de ses combinaisons, il doit répondre que c'est un principe d'où il doit partir, mais sans chercher à aller au delà.

— La suite au prochain numéro. —

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 30. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 24 JUIN 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

SOIRÉES DU CERCLE AGRICOLE DE PARIS. — Conférence de **M. Babinet** : Revue orale des sciences.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : Décomposition des principes organiques par la chaleur.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XXXI. Du curare considéré comme moyen d'investigation physiologique.

---

Paris, 23 juin 1865.

M. Le Verrier a présenté lundi dernier à l'Académie des sciences un mémoire fort intéressant d'un astronome de l'Observatoire de Paris, sur ce que les astronomes appellent l'*équation personnelle*. On a commencé, en effet, à s'apercevoir, vers le commencement de ce siècle, que les divers astronomes ne s'accordaient pas entre eux sur l'observation du moment du passage d'un astre à un point donné, représenté dans leur télescope par un fil extrêmement ténu ; les uns l'observaient un peu plus tôt, les autres un peu plus tard, et pour rendre comparables les observations exécutées par les divers astronomes, il fallut déterminer l'erreur que faisait chacun d'eux par rapport aux autres : c'est ce qu'on appela l'*équation personnelle* de chaque astronome. C'est à l'explication de ce phénomène si singulier qu'est consacré le mémoire présenté par M. Le Verrier, et l'auteur l'attribue à la persistance des impressions lumineuses sur la rétine, l'astre en mouvement se réfléchissant ainsi sur la rétine sous forme d'une petite bande (au lieu d'un point rond), et chaque astronome prenant des points différents de cette bande pour déterminer la position de l'astre.



### SOIRÉES DU CERCLE AGRICOLE DE PARIS.

CONFÉRENCE DE M. BABINET
(de l'Institut).

**Revue orale des sciences.**

SOMMAIRE. — La paragénie. — L'analyse spectrale appliquée aux recherches sur la constitution physique des astres. — L'or se trouve partout. — Lumière produite par la combustion du magnésium. — Photographie appliquée à l'astronomie. — Invention de la télégraphie électrique. — La télégraphie sous-marine. — Les câbles transatlantiques. — Les divers passages proposés pour le télégraphe transatlantique. — Les phoques du lac Baïkal. — Les ascensions au Mont-Blanc et l'érysipèle. — Les défaillances du soleil ; les nuages cosmiques et la période glacière.

Je voudrais d'abord vous dire quelques mots de la paragénie de la lumière, qui est une chose tout à fait abstruse.

Tout le monde sait que quand un rayon lumineux est lancé dans l'espace, il va droit devant lui, s'il ne rencontre aucun obstacle; mais que s'il tombe sur un miroir, il se réfléchit. On sait aussi que la lumière se brise et se divise en passant à travers un prisme. L'agent lumineux subit encore bien d'autres phénomènes particuliers, la diffraction, la polarisation, les interférences, etc., — mais il y a aussi une manière de dévier la lumière très-différente des précédentes méthodes, et qui consiste à lui faire traverser des réseaux de minces fils parallèles. On obtient alors ce qu'on appelle le phénomène de la paragénie.

Depuis Fresnel, on a beaucoup cherché s'il n'y avait pas un phénomène d'optique dans lequel le mouvement de la terre devînt sensible. Cela semblait naturel d'après diverses analogies.

Ainsi, lorsque dans une salle de paume, un joueur, en lançant la balle, marche dans le sens de cette balle, le choc est beaucoup plus violent que s'il avait marché en sens contraire.—Un cavalier passe près d'un poteau nu-



Digitized by Google

méroté et tire une balle; s'il marche vers le poteau, il le perce beaucoup plus facilement que s'il tirait en reculant, parce que, dans le premier cas, la vitesse propre de la balle s'augmente de la vitesse du cavalier pour produire le choc. Tout le monde sait qu'avant d'entrer dans un tunnel on fait aller le sifflet de la locomotive. Les vibrations de l'air se réfléchissant contre les parois du tunnel, le son s'en trouve notablement renforcé, et il est alors bien plus aigu que si l'on siffle en sortant du tunnel, parce que le voyageur fuit alors devant lui, au lieu de s'en approcher d'une manière continue.

Sur les champs de bataille, et dans les petites guerres civiles que nous avons eues à Paris, beaucoup de personnes ont pu entendre siffler les balles à leurs oreilles. Si ces balles étaient bien rondes, elles ne siffleraient pas, mais il suffit de quelque différence dans la forme pour qu'on les entende. Comme la balle a une vitesse comparable à celle du son, le son arrive à l'oreille plus promptement et le ton est plus aigu, mais une fois que la balle est derrière votre oreille, le son baisse. On n'a pas besoin d'aller sur les champs de bataille pour se rendre compte du phénomène, il suffit de s'établir dans un polygone, et quand des balles sont tirées dans le voisinage, on saisit très-bien ces différences de ton.

Le phénomène de la paragénie comprend quelque chose d'analogue, c'est-à-dire que quand on va vers la lumière, l'effet de la diffusion n'est pas le même que lorsqu'on marche en sens inverse. J'avais cru pouvoir vous montrer dans cette séance un appareil qui met ce fait en évidence, mais il est très-compliqué et il n'est pas encore tout à fait terminé. J'ai bien trouvé une autre solution, mais malheureusement elle exige la présence du soleil; l'expérience ne pouvait donc pas être faite ici à cette heure.

Je suis fâché de ne pouvoir la faire, car j'ai consacré au moins quarante années de mon existence à ce travail, auquel, je l'avoue, j'attache toute l'importance de ma carrière scientifique. Je vais donc laisser de côté la paragénie; mais l'année prochaine, si l'expérience réussit, comme je l'espère, j'aurai l'honneur de la reproduire sous vos yeux.

Newton, en faisant passer un rayon blanc à travers un prisme, a obtenu les sept couleurs du spectre solaire :

*Violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge.*

Ce qui fait une espèce de vers. Cependant ce n'est pas Newton qui fit le premier cette expérience, ce fut Néron, l'empereur romain, qui s'était beaucoup occupé de cette question. Voici comment il opérait. On prenait des baguettes de verre taillées à facettes, on les présentait en travers aux rayons du soleil, et l'on voyait alors toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

Mais on ne s'est pas arrêté à ce premier fait, et l'on a été plus loin. Wollaston, en 1802, et ensuite Fraunhofer, ont trouvé que non-seulement il y avait dans la lumière du soleil ces couleurs diverses dont je vous parlais, mais que chacune de ces couleurs était traversée par des bandes noires au nombre de sept à huit mille, de telle sorte que si vous compariez la lumière du soleil à celle des étoiles, vous ne pourriez pas les confondre.

La lumière du gaz ne présente pas ces bandes noires, mais toutes les couleurs depuis le violet jusqu'au rouge ne s'y trouvent pas d'égale intensité; il y a des raies plus ou moins brillantes pour chaque corps qui fournit la lumière.

M. Kirchhoff, ayant eu l'idée de chercher s'il n'y aurait pas dans la lumière du soleil une trace des diverses substances qui se trouvent dans cet astre à l'état incandescent, a trouvé, par exemple, qu'il renfermait du sodium. En multipliant ses expériences, M. Kirchhoff a découvert presque partout des traces de ce corps. C'est assez curieux, car les anciens regardaient le sel à peu près comme un symbole mystique. Il faut remarquer, en passant, que le sel de cuisine est presque la seule chose non vivante que nous mangions; car le blé, le froment, les racines, etc., sont des choses qui ont vécu. Je sais bien qu'on met aussi quelquefois dans les jambons d'York du salpêtre, qui lui aussi n'a pas vécu, mais il est loin d'être d'un usage aussi général que le sel commun.

On a fait le catalogue des substances qui se trouvaient dans les étoiles; on a été jusqu'aux nébuleuses. Vous savez que ces nébuleuses sont des masses d'étoiles en si grand nombre, qu'on en peut distinguer 4000 milliards dans une seule nébuleuse, sans compter la petite blancheur qui traîne par derrière. Une nébuleuse est donc à elle seule un ensemble d'étoiles considérable. M. Herschel fils a fait le catalogue de ces astres, il en a trouvé plus de 4000, et si vous voulez vous donner la peine de calculer 4000 milliards répétés 4165 fois, vous aurez le nombre des étoiles qu'on peut voir une à une, sans compter cette lumière blanchâtre qui en fait le fond.

Dans d'autres corps on a trouvé des métaux différents du sodium, comme le magnésium, par exemple; et même, chose assez curieuse, des substances complétement inconnues jusqu'à ces derniers temps : le cæsium, le rubidium et le thallium. Jamais l'analyse chimique n'aurait pu les découvrir. Pour se procurer ces corps, on a distillé cinq ou six tonneaux d'eau minérale; il est resté un peu de résidu, où l'on a trouvé ces substances jusqu'alors inconnues.

Je vous citerai ici l'exemple de M. Sage, directeur du cabinet de minéralogie de la Monnaie, pour vous montrer jusqu'à quel point les chimistes peuvent agir sur des masses considérables, pour en extraire des corps qui s'y trouvent en très-petite quantité.

Il faut que vous sachiez qu'on trouve de l'or partout, et dans l'écorce des végétaux par exemple. Pas beaucoup, il est vrai. Dans les trains de bois qui nous arrivent par la Seine, l'eau a délayé les sels d'or, et le bois n'en contient plus. Mais si l'on prend des sarments de vigne dans les environs de Paris, et qu'on les brûle, les cendres qui restent, traitées par des acides, donnent une très-petite quantité de sels d'or. Cet excellent M. Sage, qui s'était

Digitized by Google

amusé à faire cette expérience, avait obtenu ainsi quatre ou cinq pièces d'or, mais chaque pièce de 20 francs lui revenait à 125 francs, de sorte que la fabrication en était peu économique. On lui disait : « Vous comptez sans doute vous retirer sur la quantité? »

M. Sage joignait à une grande science une naïveté incroyable. Il avait été longtemps dans les montagnes, et il disait toujours : « On n'est pas sans avoir dans sa poche un aréomètre à peser, pour avoir la densité des corps ; un ciseau, un marteau, un fourneau, etc., cent choses enfin dont il fallait, suivant lui, être toujours pourvu, et qui auraient pesé 100 kilogrammes.

Je n'ai pas de rubidium ni de cæsium, et l'appareil pour produire des francs me manque également. Je me contenterai donc de faire brûler sous vos yeux du magnésium. Ce métal présente la particularité de produire une lumière très-photogénique, c'est-à-dire qu'en éclairant un modèle le soir avec cette lumière, on fait une photographie aussi admirable que si l'on opérait en plein soleil. Ce sont là, du reste, des faits très-connus, car les expériences ont été très-souvent faites en public, et l'on s'est toujours empressé d'y accourir. La lumière du magnésium est beaucoup plus pure que la lumière électrique, car elle ne présente qu'une seule raie au milieu.

Pour faire l'expérience, on se sert ordinairement d'un fil de magnésium qu'on expose à la chaleur d'une lampe, et il répand, comme vous le voyez, une lumière éclatante. Il existe, du reste, dans la physique, une expérience du même genre, qui consiste à faire brûler un ressort de montre dans de l'oxygène ; mais la lumière ainsi produite est plus rouge que celle qu'on obtient avec le magnésium.

Il y a sur la photographie une infinité de choses que je n'ai pas le temps de vous détailler ici. On l'a appliquée aux astres. Les planètes, les constellations, se sont photographiées elles-mêmes, et l'on a obtenu par cette méthode des résultats incroyables. Ainsi, Jupiter est beaucoup plus éloigné de nous que la lune, cependant on l'a mieux photographié que cette dernière, et M. de la Rue, Anglais, malgré son nom, en a fait de magnifiques reproductions, grandes comme des cartes géographiques. M. Lassell a emporté à Malte un grand miroir, et il a obtenu des résultats remarquables. Il s'était d'abord installé à Liverpool ; mais il paraît que dans ce pays il est assez rare, à cause des usines, qu'il se passe un seul jour sans pluie. M. Lassell alla donc à Malte, où depuis cinq ou six ans qu'il y réside, il a déjà fait de nombreuses et savantes observations. Du reste, le grand Herschel disait qu'en Angleterre on ne peut pousser les télescopes à toute leur portée que quarante heures dans l'année, à cause de la brume.

On a cependant espéré trouver des stations plus favorables encore que celle de Malte. Pour ma part, j'en connais deux dans le monde. La première est près de Quito, dans la république de l'Équateur. Il y a là une plaine élevée de 3000 mètres au dessus du niveau de la mer, et tout à fait unie, ce qui est un avantage, parce que, dans les montagnes, les courants d'air qui montent gênent beaucoup, en troublant la pureté et la transparence de l'air. La seconde est au Brésil, au-dessus de l'embouchure de la grande rivière de l'Amazone.

Nous avions été chargés de faire, M. Faye et moi, un plan pour l'établissement d'un observatoire dans la république de l'Équateur, mais il est survenu des événements qui ont troublé le bon accord entre le gouvernement français et celui de la république, de sorte que ces projets ont été abandonnés.

Vous savez que M. Herschel fils avait déjà été au cap de Bonne-Espérance pendant cinq ou six ans pour voir le ciel de l'autre hémisphère.

A propos d'astronomie, on avait dit que pour observer le passage de Mars en 1862, il fallait se mettre sur deux points aussi éloignés l'un de l'autre, pour que la base du triangle formé avec Mars fût la plus grande possible ; en conséquence, on avait choisi, d'un côté Saint-Pétersbourg, et de l'autre Melbourne, en Australie. Un astronome avança qu'il vaudrait mieux se mettre au cap Nord, situé au 75e degré. C'était très-bien, sans doute ; mais il y avait un petit inconvénient, c'est que jamais on n'y voit le soleil. Cela me rappelle une voyageuse qui, apercevant un jour dans une cage un animal assez mal emplumé, s'informa de ce que c'était. On lui apprend que c'est un perroquet, et l'on ajoute : « Comme il est ordinairement triste, il faut qu'il soit toujours devant le feu. — Parle-t-il, votre perroquet? — Oui, toutes les fois qu'il voit du soleil. — Et combien de fois en voit-il? — Trois ou quatre fois par an.

On m'a dit que l'on comptait entendre ce soir quelques mots sur les télégraphes. C'est une matière immense ; voici cependant quelques idées à ce sujet.

J'ai assisté à la naissance de la télégraphie. M. Ampère et moi qui tenais alors la plume en qualité de secrétaire, nous avons fait, en 1822, un exposé sur la nouvelle découverte de l'électricité.

Ce petit ouvrage a d'abord été traduit en allemand, langue, comme dit Cuvier, dans laquelle on traduit tout ; mais ensuite les étonnants procès qu'il y a eu pour l'invention de la télégraphie en Amérique, — car la quantité d'argent mise dans les brevets d'invention est prodigieuse, — ont donné de la valeur à cette brochure d'Ampère, parce que contre ceux qui apportaient quelque chose qu'ils prétendaient être nouveau, les autres se servaient de cet ouvrage pour infirmer leurs droits sur la télégraphie. Par suite de ces circonstances, notre petit livre jouit d'une grande vogue à cette époque.

Ampère est donc le premier qui ait eu l'idée de faire circuler de l'électricité à de grandes distances, et MM. Gauss et Weber, à Berlin, en ont fait l'expérience pour quelques kilomètres.

Mais quand on voulut traverser la mer, ce fut bien

Digitized by Google

embarrassant. On a dit que Christophe Colomb était fort ignorant, et l'on ne s'est pas trompé; cependant il a fait la plus grande découverte qui soit au monde. J'eus affaire autrefois, à propos de télégraphie sous-marine, à un inventeur qui était bien pis. L'empereur, alors président, me l'avait renvoyé à l'École polytechnique, pour examiner ses projets. Je lui dis de mener un fil par la Seine jusqu'à Saint-Cloud. Il n'eut pas l'air de comprendre. Je lui demandai alors de traverser simplement la Seine, et je n'en pus obtenir davantage. Il jouait gros jeu cependant, puisque son sort était entre mes mains. Mais il avait affaire à une bonne tête, à Napoléon, qui était décidé à exécuter le projet.

A force de peine, on parvint à avoir de quoi faire un essai. Il fallait traverser la Manche; il me fit un fil de cuivre gros comme une plume d'oie, entouré de caoutchouc, de la longueur de 28 kilomètres environ. Ce fil fut posé de Folkstone à Calais, et les dépêches passèrent pendant onze minutes environ; mais vous comprenez bien qu'un fil aussi long et aussi faible ne devait pas durer longtemps.

M. Crampton en fit un autre plus gros, que l'on jeta tant bien que mal dans la mer, avec l'assistance de M. Jacobi, de Saint-Pétersbourg; le courant passa cette fois régulièrement, et c'est encore de lui que l'on se sert depuis 1851.

La Manche n'est pas très-profonde, et l'on a même prétendu que l'Angleterre ne devait pas être considérée comme une véritable île, la Manche n'étant pas une véritable mer, mais une flaque d'eau. Pour vous en former une idée, supposez que ce soit à Paris et qu'il y ait une hauteur de 52 mètres d'eau; quelqu'un qui aurait des échasses de cette longueur passerait à pied sec, et si l'on y plongeait Notre-Dame, on sonnerait encore largement les cloches, puisqu'elles s'élèveraient encore de dix mètres au-dessus du niveau de l'eau.

Au contraire, les îles de la Méditerranée, la Corse, la Sardaigne, etc., sont de véritables îles, la mer atteignant très-près de leurs côtes à des profondeurs immenses, 1500 à 1800 mètres. Mais auprès de la Sicile, dans le détroit de Messine, il n'y a presque pas de profondeur. Lorsqu'il s'est agi de poser un câble électrique entre la France et l'Algérie, à une profondeur aussi considérable, malgré mes observations on l'a chargé sur un seul vaisseau; il est arrivé une tempête, et tout a cassé. On a fait une seconde fois cette sottise, et la force de la mer a de nouveau tout brisé.

Il était cependant bien facile de choisir une station intermédiaire, aux îles Baléares, par exemple, et de diriger de ce point deux petits navires qui auraient été à la rencontre de deux autres venant l'un de France et l'autre d'Algérie, et de dévider le câble de chaque côté.

Pour le câble du télégraphe transatlantique on avait deux immenses vaisseaux, dont l'un se dirigeait vers l'Angleterre et l'autre vers l'Amérique. C'est à cette occasion que, dans l'excès de leur joie, les Américains brûlèrent l'hôtel de ville de New-York; il faut espérer qu'à la prochaine épreuve ils brûleront leur capitale, car leur assurance à charger le *Great-Eastern* est vraiment incroyable.

Il y aurait tout un poëme épique à écrire sur les malheurs de ce vaisseau. On a eu d'abord toutes les peines du monde à le démarrer, et l'on avait cependant employé de très-fortes presses hydrauliques; puis, quand il a été en mer, il faisait un tangage tellement violent, et les vagues sautaient avec une si grande force, qu'aux deux extrémités, où il y avait des malles, des habits, toutes sortes de choses, en un mot, tout cela fut tellement pilé, qu'on aurait pu en faire du papier. Les pièces de monnaie étaient tellement usées, qu'on ne pouvait deviner le moins du monde si c'étaient des pièces de 20 francs ou des souverains. Il y eut un autre incident assez plaisant : deux vaches sautèrent dans la salle des dames, et restèrent pendues par les cornes.

Voici un fac-simile du câble transatlantique. Espérer que ceci tiendra l'espace de douze cents lieues, n'a pas l'ombre du sens commun, car les fils ont deux tiers de millimètre, c'est-à-dire qu'ils sont gros comme des aiguilles à coudre; et vous savez qu'en six ans, il avait été mangé 6 ou 7 millimètres du câble qui traverse la mer de France en Angleterre, et dont les fils sont gros comme le goulot de cette fiole. Une ancre avait enlevé ce câble, et on l'a envoyé ici à la direction des télégraphes. On voit que c'est usé par l'effet de la mer, et je vous demande combien de temps les petits fils du transatlantique auraient pu résister? Pas seulement six mois... et l'on recommencera le même essai !

Dans un salon, dès que les gens du monde vous supposent astronome ou physicien, ils vous accablent de questions, à peu près comme si vous reveniez de la Chine ou de la lune. Une dame me demandait donc un soir où en était le câble électrique. « Ce n'est pas sérieusement que je puis répondre à cette question. — Répondez non sérieusement, » dit-elle.

J'ajoutais à cette dame que le câble avait coûté 18 millions. — Dix-huit millions de perdus! dit-elle. — Non, madame, et je vais vous prouver le contraire. Un capitaine de vaisseau est abordé par son matelot qui lui dit : « Mon capitaine, quand on sait où est quelque » chose, est-ce perdu? — Non, certes. — Eh bien, votre » théière d'argent n'est pas perdue, je sais où elle est. — » Où est-elle? — Au fond de la mer. » Le capitaine tombe à coups de corde sur ce matelot. C'est la même chose pour le câble transatlantique. Quand cela coûterait, cette fois, 25 millions, vous verrez que ces 25 millions ne seront pas perdus, on saura où ils seront.

Vous voyez ce petit morceau de câble, il y a sept fils de cuivre tout droits, maintenus par une spirale. Si vous tirez, la spirale s'allonge; mais le milieu, ne pouvant pas s'allonger, ne manque jamais de casser. Les débris du câble transatlantique qu'on a retirés de la mer, outre

Digitized by Google

qu'ils étaient tout pourris et décomposés, étaient encore cassés régulièrement de 2 mètres en 2 mètres.

L'électricité, en passant à travers ce fil, n'avait que 1/4000e de la force calculée. On avait mis trente et une heures pour faire passer cinquante mots; quand on avait lancé le courant, il se donnait à cœur joie de courir sans fin de l'Amérique à l'Angleterre, en sorte qu'on était obligé d'attendre qu'il s'arrêtât pour faire passer un autre mot. Lors de l'établissement du télégraphe d'Alger, on avait trouvé différents moyens pour combattre cet inconvénient, qui, du reste, était beaucoup moindre.

Vous savez toutes les merveilles qu'on a faites avec la télégraphie. Ainsi on est parvenu à reproduire à distance un dessin fidèle de l'écriture d'une personne. Pour cela, on met une pointe en face du dessin ou de l'écriture; on fait passer le courant, et la pointe ne marque que quand elle est vis-à-vis de l'écriture. L'usage de ce télégraphe commence à se propager, et l'on en a même établi un depuis quelques jours entre Paris et le Havre, ainsi qu'entre Paris et Lyon.

Pour faire arriver un câble jusqu'en Amérique, on avait pensé au Groenland; mais depuis le voyage du prince Napoléon et les sondages de M. l'amiral Laroncière le Nourry, aux îles Feroe, il est impossible d'y songer encore sérieusement. Je vais donc indiquer un passage par la Sibérie ou par le Brésil, qui me paraît seul praticable. On a des sondages assez précis pour descendre avec confiance le long de l'Espagne et de l'Afrique. On arrive alors au Sénégal, où l'on prend une série d'îles jusqu'au Brésil. Dès qu'on serait sur le continent américain, le problème serait résolu; et dans ces conditions il n'a rien d'impossible. Il n'y a pas là de profondeurs aussi grandes que celle de la Méditerranée, et en même temps il n'y a pas de trop grande portée pour le câble, car aucune ne dépasse la distance de Malte à Alexandrie, la plus grande qu'on ait encore fait franchir avec succès par un câble télégraphique.

Quant au passage par la Sibérie, les Russes ont fait un travail admirable, pour en étudier l'exécution. Ils sont allés de province en province au delà du lac Baïkal, jusqu'à l'embouchure du fleuve Amour : le tracé passera par les établissements russes d'Ayan et du Kamtchatka, et, après avoir franchi la ligne des îles Aléoutes; où la mer n'est pas très-profonde, il arrivera à Sitka, il franchira ensuite les possessions anglaises pour aboutir aux États-Unis.

Vous voyez quelles difficultés il y aura à vaincre pour exécuter le grand projet du télégraphe transatlantique. Pour le moment, on cherche à passer par le Brésil, en suivant le tracé dont je donnais tout à l'heure le détail; on y est ramené par la force des choses.

Le lac Baïkal que je citais tout à l'heure mérite une mention particulière. Ce lac, qui a 500 kilomètres de long, a évidemment été soulevé lorsque le niveau de la terre s'est établi dans sa dernière catastrophe. Il s'est dessalé peu à peu, de sorte que les animaux marins qui le peuplaient sont devenus des animaux d'eau douce : le phoque en est un exemple. Le corail, produit des mers très-salées, puisque c'est dans les parties les plus salées de la Méditerranée qu'on en trouve surtout, est devenu, dans ce lac, du corail d'eau douce; il y a même des espèces de harengs qui se sont dessalés. Nous pouvons observer des faits à peu près semblables dans nos rivières : on y trouve, par exemple, des moules d'eau douce. Il est évident qu'à l'époque où le soulèvement s'est fait, les ancêtres de ces moules étaient des moules de mer.

Ces faits nous révèlent tout un champ nouveau ouvert aux acclimatations. On m'avait formellement promis de faire venir en France un certain nombre de ces phoques d'eau douce du lac Baïkal, rien ne serait plus facile pendant l'hiver. Mais ce projet a été abandonné, et je le regrette. J'aurais voulu qu'on mît ces animaux au Jardin des plantes et dans les lacs du bois de Boulogne, comme spectacle pour les Parisiens. Le phoque est un animal intelligent, très-apprivoisable, d'humeur facile, farceur même; il se livre à toutes sortes de jeux les plus réjouissants, et il apprend assez facilement à parler ou au moins à prononcer certains mots. On pourrait en élever, par exemple, dans les lacs de Suisse, dans le cours du Rhône, du Rhin et du Danube. Ce ne serait ni long ni difficile à faire venir : dans des traîneaux et enveloppés dans du foin, ces phoques arriveraient facilement l'hiver à Saint-Pétersbourg, et de là par mer en France. Ce serait là une acclimatation très-curieuse.

Il y a deux choses sur lesquelles je voudrais encore appeler votre attention avant de finir.

Je voudrais bien qu'on cessât de monter au Mont-Blanc. On croit faire merveille avec cette belle vaillantise, et l'on court tout simplement les plus grands dangers. On avait fait pour les amateurs du Mont-Blanc ce petit quatrain :

> Des guides payant la conduite,
> Paul au Mont-Blanc est parvenu.
> Bravo ! Mais qu'a-t-il fait ensuite ?
> Ensuite, il en est revenu !

Ce n'est pas tout, on en revient toujours avec un érysipèle. Je connais des personnes qui ont été malades et privées de la vue, quelquefois pendant six mois, à la suite d'expéditions de ce genre. Sans compter qu'on s'expose à des avalanches qui engloutissent parfaitement les touristes; dans cette ascension on risque de glisser à chaque instant, et quand on glisse, on se tue. L'année dernière encore un guide a péri ainsi. L'ascension du Mont-Blanc est une témérité contre laquelle on ne saurait trop s'élever. Je ne comprends même pas comment on n'interdit point par mesure de police cette ascension si périlleuse. Quand quelqu'un me dit : « J'ai été au Mont-Blanc. » Je suis toujours tenté de lui répondre : « C'est très-joli, mais l'érysipèle ?

Depuis quelque temps on s'est beaucoup occupé de la

Digitized by Google

chaleur, et l'on a établi que ce n'était pas autre chose que du mouvement. La grande étude de la physique à l'heure qu'il est, c'est cette transformation du mouvement en chaleur. Je vais vous faire la description d'une expérience qui vous fera parfaitement comprendre la question.

Imaginez un tour, sur lequel vous montez une baguette d'acier; vous la faites tourner rapidement sur elle-même en la tenant un peu courbée. Par suite du mouvement de rotation, la partie médiane de la tige d'acier devient alternativement convexe et concave. Ce mouvement suffit pour faire rougir et fondre le milieu de la tige. Je suppose qu'un fumeur approche son cigare de cette baguette, il pourra parfaitement l'allumer; car la baguette devient tellement chaude, qu'elle est comme de la cire; on pourrait ainsi la chauffer à blanc, si elle ne se ramollissait pas trop. J'ai fait cette expérience moi-même, et je m'étonne qu'un moyen si simple et produisant tant d'effet soit encore si peu connu.

La question à l'ordre du jour dans la science est celle des défaillances du soleil. Tout le monde sait que vers le mois de mai, il y a affaiblissement dans la lumière du soleil, et que la température baisse; on s'imagine généralement que c'est là un effet du passage d'un grand nombre d'astéroïdes entre le soleil et la terre. A cette occasion, on a recherché dans les historiens les époques où il y avait eu des obscurcissements du jour, et l'on a vu qu'à la mort de César, par exemple, le soleil se couvrit de ténèbres.

Dans notre histoire nationale nous avons plusieurs cas semblables, dans lesquels l'affaiblissement de la lumière du soleil fut remarqué.

On a quelquefois attribué aux taches du soleil l'affaiblissement de la lumière de cet astre; mais c'est là une hypothèse qui n'est guère vraisemblable, car ces taches ne persistent jamais la moitié d'une révolution de l'astre, c'est-à-dire de la moitié de vingt-cinq jours, tandis que le phénomène dont nous parlons dure bien plus longtemps.

Où donc aller rechercher la cause de cet affaiblissement? On la trouvera peut-être dans ce qu'on appelle les nuages cosmiques. On suppose, en effet, qu'il existe dans l'espace des espèces de nuages obscurs qui se répandent comme une sorte de brouillard noir devant les corps lumineux. Le père de Vico, à Rome, dit qu'il a observé autrefois un de ces brouillards passant devant la planète de Vénus, entre celle-ci et la terre.

Si le phénomène se produisait de cette manière entre la terre et le soleil, il serait vraiment terrible, car il entraînerait une destruction considérable des races animales, et ramènerait la période glaciaire, qui ne remonte pas encore très-loin de nous.

A l'époque où eut lieu ce refroidissement subit, il y avait dans les contrées du Nord d'immenses mammouths, des mastodontes et des cerfs ou élans, dont la tête n'était pas très-grande, mais dont les cornes ne pourraient pas tenir dans cette salle. La catastrophe les a surpris à l'improviste. On voit que certains d'entre eux se sont avancés en troupes à travers les neiges pour lutter le plus longtemps possible. On a trouvé plusieurs de ces animaux pris par le froid qui n'étaient pas encore dégelés depuis cette époque si reculée; M. Plater a même mangé un bifteck de mammouth, et M. Lyell ajoute que les ours et les renards s'étaient régalés de cette friandise antédiluvienne.

On trouve encore dans l'estomac de ces animaux les végétaux dont ils se nourrissaient : par exemple, le bouleau, le rosier, le pin, le tremble; l'herbe qu'ils mangeaient est encore entre leurs dents. On voit qu'ils ont été saisis en un instant; du reste, ils sont morts tous debout, le nez en l'air, les cornes rabattues sur le dos.

Vous figurez-vous ce qui arriverait, si le soleil, dont la disparition de quelques heures seulement par jour produit notre hiver, restait caché pendant plusieurs jours : l'eau gèlerait, il tomberait de la neige, tous les animaux périraient de froid; comme les animaux antédiluviens, ils se réfugieraient en troupes sur de petites collines, et ils lèveraient le nez le plus haut possible pour étouffer le plus tard possible.

Il ne faut point se laisser duper par ceux qui veulent attirer sur eux l'attention, en effrayant les autres. Maupertuis dit quelque part : « Si une comète arrivait, elle engloutirait la terre. »

Il faudrait d'abord qu'elle fût assez forte pour cela; or, la terre est tellement lourde, — des millions de fois plus compacte qu'une comète, — qu'elle ne peut courir aucun risque. De Humboldt dit aussi que le soleil est, comme plusieurs étoiles, une étoile variable d'éclat; son affaiblissement amènera la fin du monde : grand épouvantail qui se reproduit à peu près tous les cent ans!

Ce qui est plus positif, c'est que si un nuage cosmique s'engageait ainsi entre la terre et le soleil, la lumière du soleil disparaîtrait aussitôt, car la chose s'est certainement passée ainsi sur la terre pendant la période glaciaire. Cependant l'extinction des animaux ne fut pas complète, car plusieurs d'entre eux, qui habitaient du côté de l'équateur, n'ont pas assez souffert pour disparaître entièrement. Ainsi l'éléphant, qui est encore une assez grosse bête, a survécu, parce que le nuage n'était pas complétement opaque, et qu'il restait encore un peu de chaleur; mais cette période peut se renouveler d'un moment à l'autre, puisque cela s'est déjà produit.

Quelles preuves avons-nous de l'existence de ces nuages cosmiques? Je vous ai déjà cité l'observation du père Vico, qui en a vu passer un entre Vénus et la terre; tout récemment encore on s'est aperçu qu'une nébuleuse avait disparu, sans doute parce qu'il est passé une substance opaque entre elle et nous : car ce n'est pas une petite chose qu'une nébuleuse, et il est impossible de supposer que les 4000 milliards d'étoiles comprises dans un groupe de ce genre se soient donné le mot pour disparaître toutes en même temps. On peut donc très-bien expliquer ce phénomène par le passage d'un nuage

Digitized by Google

cosmique. Quant à notre planète, il est extrêmement peu probable qu'un nuage cosmique vienne à passer entre elle et le soleil, mais il n'y a nulle impossibilité. Les opinions sont libres sur ce point. Ceux qui veulent trembler diront : « C'est possible, cela pourra arriver... » Ceux, au contraire, qui aiment la tranquillité, diront que nous ne sommes pas le moins du monde menacés par un phénomène si rare. D'autres enfin, comme moi, s'en remettront à la grâce de Dieu et s'en rapporteront à la Providence. Je vous conseille d'en faire autant pour une éventualité qu'on ne peut ni faire naître ni conjurer.

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### VII.

### Décomposition des principes organiques par la chaleur.

Après avoir étudié l'action de la chaleur sur les composés de la chimie minérale, il importe d'examiner cette action sur les composés organiques.

En chimie organique, les diverses notions signalées en chimie minérale trouvent également leur application; mais, comme il s'agit de corps plus délicats pouvant présenter dans leur constitution une foule de modifications diverses, on conçoit que les phénomènes seront plus compliqués. De plus, intervient ici une influence nouvelle, à peine entrevue dans les faits précédents, et dont il faut tenir compte : c'est celle du temps.

J'ai fait sur ces diverses questions de nombreuses expériences dont je vais vous présenter le résumé.

La facilité avec laquelle les principes organiques se décomposent, les températures relativement basses qui suffisent à les détruire, enfin la variété des mécanismes suivant lesquels leur décomposition s'accomplit, offrent des ressources toutes particulières, tant pour l'exécution des expériences que pour la discussion des idées générales. Ce n'est pas qu'une multitude de décompositions de cette nature n'aient été déjà observées par les chimistes; mais ils les ont envisagées plutôt au point de vue des produits définis qu'elles fournissent que de la marche abstraite des réactions, s'il est permis d'employer ce mot en pareille matière.

Nous envisagerons les réactions au point de vue de la température initiale qui les détermine, de la limite à laquelle elles s'arrêtent, enfin de la vitesse avec laquelle elles s'accomplissent.

(1) Voyez les numéros 27, 28 et 29, et pour le cours du premier semestre, les numéros 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

#### 1° *Température initiale.*

En chimie organique comme en chimie minérale, les réactions peuvent être partagées en deux catégories : celles qui exigent une certaine élévation de température, et celles qui se produisent dès la température ordinaire, et même, à ce qu'il semble, à toute température compatible avec l'homogénéité des systèmes.

Nous avons cité dans la dernière séance plusieurs exemples de ces deux classes de réactions empruntés à la chimie organique : tels sont, parmi les réactions qui exigent une certaine température initiale, la décomposition de l'acide formique, de l'acide oxalique, de l'alcool; et, parmi les réactions qui se passent pour ainsi dire à toute température, la combinaison des acides avec les alcools, c'est-à-dire la formation des éthers, réaction qui joue un si grand rôle en chimie organique.

La nécessité d'une certaine température initiale pour déterminer la plupart des réactions répond, nous l'avons dit, à la nécessité d'un certain travail préalable, en vertu duquel la chaleur détruit certains liens dans le système initial, ou bien produit dans ce système un certain accroissement de force vive; c'est seulement alors que les molécules peuvent se précipiter les unes sur les autres, en vertu des affinités chimiques, ou bien, s'il s'agit d'une décomposition, se séparer les unes des autres. Ce travail préliminaire est développé par la chaleur dans les conditions qui nous occupent; mais l'on conçoit également qu'il puisse être effectué autrement, par la lumière, par les actions de contact, etc. Dans le cas où la lumière détermine, dès la température ordinaire, la réaction du chlore sur les corps hydrogénés, elle fait le même travail qui résulterait d'une élévation de température. Les corps qui agissent par contact, le platine par exemple, opérant la fixation de l'oxygène sur l'hydrogène et sur les matières organiques, dès la température ordinaire ou à une température voisine, effectuent également dans ces circonstances le travail préalable voulu pour déterminer la combinaison. Le platine, en effet, produit un travail considérable, en condensant à sa surface l'oxygène d'une manière toute mécanique, et l'expérience prouve que ce travail suffit pour déterminer la combinaison. Deux cas peuvent se présenter lors de ces oxydations déterminées par le platine. Tantôt l'action chimique commencée sur un point dégage assez de chaleur pour porter les parties voisines à la température où la réaction se produirait d'elle-même. Dans ce cas, la réaction commencée par le contact du platine se continue, et s'accomplit ensuite sans son concours. C'est ce qui a lieu, par exemple, lorsque la mousse de platine détermine l'inflammation d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène.

Tantôt, au contraire, la réaction ne continue pas d'elle-même; mais le platine, privé par l'action chimique de l'oxygène qu'il avait condensé à sa surface, et les produits de la réaction étant écartés par volatilité, diffu-

Digitized by Google

sion, etc., c'est-à-dire par le travail de forces étrangères à l'affinité; le platine, dis-je, se trouve apte à condenser une nouvelle proportion d'oxygène, c'est-à-dire à renouveler le travail moléculaire qu'il avait développé d'abord et qui avait suffi à déterminer la première réaction. L'action chimique se renouvelle donc en vertu des mêmes conditions qui l'ont produite d'abord, et elle continue indéfiniment, pourvu que l'oxygène puisse affluer, avec une liberté convenable, à la surface du platine. C'est ainsi que le platine détermine la combinaison bien connue des alcools avec l'oxygène et la formation des acides, et le même mécanisme s'applique à une multitude de réactions de contact.

Une remarque essentielle est la suivante. Dans les oxydations qui viennent d'être rappelées, de même que dans la plupart des actions de contact, les réactions chimiques qui s'accomplissent dégagent de la chaleur. Nous reviendrons ailleurs sur cette circonstance fort importante, mais qui ne paraît pas cependant indispensable à l'accomplissement des réactions. On conçoit en effet la possibilité de déterminer par action de contact une réaction qui absorbe de la chaleur, pourvu que le travail positif produit par l'action de contact soit supérieur au travail négatif (absorption de chaleur) de la réaction chimique.

Les réflexions que nous venons de présenter sont applicables à toute influence capable d'effectuer sur un système le même travail initial que la chaleur, de façon à abaisser la température qui détermine la réaction. Ces influences ont une importance toute particulière dans le cas où il s'agit de préparer des corps décomposables à une certaine température. En effet, il peut arriver ici que ce travail initial, ou bien soit d'une autre espèce que les travaux qui peuvent résulter d'une simple élévation de température, ou bien répondit à une température plus haute que celle qui décompose la substance que l'on veut produire; dès lors l'influence isolée d'une élévation de température est incapable de produire la combinaison. Ainsi l'alcool et l'oxygène ne paraissent réagir à aucune température pour former de l'acide acétique; la réaction de ces deux corps peut, à la vérité, être déterminée par une élévation de température suffisante. Mais alors l'acide acétique serait détruit s'il pouvait prendre naissance. C'est pourquoi l'oxydation de l'alcool, effectuée sous l'influence d'une élévation de température, répond à une combustion complète en eau et en acide carbonique. Au contraire, le platine détermine la formation de l'acide acétique, parce qu'il détermine la réaction entre l'oxygène et l'alcool à une température assez basse.

Mêmes remarques pour l'action du chlore sur le gaz des marais. Si l'on effectue sur le système formé par le mélange de ces deux corps le travail nécessaire pour déterminer leur réaction, en ayant recours à une élévation de température, la réaction a lieu avec formation d'acide chlorhydrique et dépôt de charbon. Mais le travail préalable peut être effectué par une action ménagée de la lumière à la température ordinaire; et, dans cette circonstance, on obtient du gaz des marais chloré, substance que détruirait l'élévation de température produite dans la réaction directe.

Tous ces faits mettent en évidence et la nécessité d'un certain travail initial dans les réactions et les modes divers suivant lesquels ce travail peut être accompli.

Il est facile de s'assurer qu'il n'existe aucune relation nécessaire entre la quantité de chaleur dégagée ou absorbée dans une réaction et le travail initial nécessaire pour la déterminer. Il suffit, pour le prouver, de rappeler que la formation d'un même volume de gaz chlorhydrique, HCl, de gaz ammoniac, $AzH^3$, ou de gaz des marais $C^2H^4$, avec les éléments, dégage à peu près la même quantité de chaleur. Or, le premier composé est le seul qui puisse être obtenu par une élévation de température. Réciproquement, la décomposition de ces trois gaz en leurs éléments répond à une même absorption de chaleur. Or, le gaz chlorhydrique résiste à des températures qui détruisent complétement les autres gaz : le travail préalable de la chaleur nécessaire pour la décomposition de ces trois gaz répond donc à des températures très-différentes. Cette remarque trouve de nombreuses applications en chimie organique. Elle peut être invoquée toutes les fois qu'un corps ne déplace pas un second corps directement de sa combinaison avec un troisième, bien que le premier, en s'unissant au troisième, produise plus de chaleur que le second. En effet, nous venons de montrer que le travail initial nécessaire pour déterminer les réactions est indépendant de la quantité de chaleur dégagée dans ces mêmes réactions. Pour que le déplacement précédent s'accomplisse, il faut en général un travail initial; mais ce travail peut être soit d'une espèce différente de ceux que produit une élévation de température, soit correspondant à une température capable de détruire le composé que l'on veut obtenir.

### 2° *Limitation des réactions.*

Nous distinguerons les décompositions sans limites et les décompositions limitées. Indiquons les faits avant de les discuter.

*Réactions sans limites.* — Voyons d'abord les décompositions qui se produisent sans limite. Voici les faits que j'ai observés.

Prenons l'acide formique $C^2H^2O^4$ : sous l'influence de la chaleur, ce corps se décompose. A 260 degrés, dans un tube scellé à la lampe; en opérant sur $0^{gr},100$ d'acide et dans une capacité de $40^{cc}$, au bout de huit heures, il y a un tiers du produit décomposé; la destruction est complète au bout de vingt-cinq heures environ.

On a donc ici une décomposition sans limite, bien que la pression aille toujours en augmentant dans le tube, et que les produits de la décomposition demeurent en présence.

Prenons maintenant de l'acétate de soude anhydre

Digitized by Google

$C^4H^3NaO^4$. Chauffons ce sel à 350 degrés, dans un tube scellé: il se décomposera peu à peu d'une façon progressive; la portion décomposée étant d'autant plus grande que le temps sera lui-même plus considérable.

Lorsque l'on chauffe du formiate de baryte à 260 degrés

$$C^2HBaO^4,$$

il éprouve une décomposition graduelle. La décomposition commence même vers 230 degrés. La nature de cette décomposition ne change pas, tant que la température n'est pas changée. En opérant sur une centaine de grammes de sel à 250 degrés, il faudrait un grand nombre de jours pour opérer une décomposition complète. Cependant elle le deviendrait certainement; car en opérant sur 1 gramme de formiate de baryte, contenu dans un tube de 50cc, la décomposition est terminée au bout de 100 à 120 heures, à 260 degrés. L'expérience offre à peu près les mêmes caractères dans un tube scellé, c'est-à-dire le sel se trouvant en présence de tous les produits de la décomposition, ou bien dans un ballon muni d'un tube à dégagement, par lequel les produits gazeux (oxyde de carbone, hydrogène, acide carbonique (gaz des marais) s'échappent au dehors.

Si l'on élève la température, la décomposition devient plus rapide, mais sans cesser de présenter les mêmes caractères généraux, au moins jusqu'à 330 degrés : nous y reviendrons.

L'alcool chauffé entre 500 et 600 degrés, dans un tube scellé pendant deux ou trois heures, se décompose complétement.

L'aldéhyde pur, maintenu à 160 degrés pendant une centaine d'heures, se décompose également en totalité.

Il en est de même de l'acide oxalique, chauffé vers 120 degrés, dans un tube scellé pendant un temps suffisant. La décomposition de cet acide, dans un vase ouvert, donne lieu à des effets intéressants, et qu'il est utile de signaler en raison des notions théoriques que nous y rattacherons.

Prenons en effet de l'acide oxalique et chauffons-le dans une petite cornue tubulée. D'abord cet acide fond, et la décomposition commence vers 110 à 120 degrés; à cette température, c'est surtout l'eau de cristallisation qui se dégage, accompagnée, toutefois, d'une petite quantité d'oxyde de carbone et d'acide carbonique. Cette décomposition n'a pas lieu à 90 degrés avec l'acide absolument pur contenu dans un vase plein d'air; dix, vingt, cent heures de contact à 90 degrés, sont ici sans influence. Mais elle s'effectue un peu plus haut. La décomposition augmente et la température s'élève d'abord continuellement, lorsque l'acide est soumis à l'action d'une source de chaleur à température beaucoup plus élevée, d'un bec de gaz par exemple; mais celle-ci reste sensiblement stationnaire, dès qu'elle est parvenue entre 185 et 190 degrés, quelle que soit, du reste, la température de la source. L'élévation de température de la source ne fait plus ici qu'activer extrêmement la décomposition, sans élever au delà d'un certain terme la température de la masse en décomposition. Ce point de décomposition a une fixité que l'on peut presque comparer à celle de l'ébullition d'un liquide; ce qui tient sans doute à ce que les gaz qui se forment lors de la décomposition absorbent une grande quantité de chaleur : de telle sorte que la chaleur fournie par le foyer est continuellement absorbée pour produire le changement d'état.

Cette fixité dans la température de décomposition est donc due ici à un phénomène accessoire; aussi ne doit-on l'observer qu'exceptionnellement en chimie organique. Nous ne l'avons remarquée ni pour le formiate de baryte, ni pour l'acétate de soude. Nous y reviendrons.

Lorsque les décompositions s'opèrent sans limite, les produits changent souvent de nature pendant le cours de la décomposition même; c'est là une circonstance très-importante en chimie organique. Deux conditions jouent ici un rôle, la présence des produits obtenus par un commencement de décomposition et la température à laquelle s'opère la décomposition.

L'influence de la présence des produits obtenus tout d'abord est très-manifeste dans les études relatives à l'acide formique. En effet, en opérant dans des vases scellés à 250 degrés, au début de la réaction, c'est-à-dire pendant les premières heures, on obtient seulement de l'eau et de l'oxyde de carbone

$$C^2H^2O^4 = C^2O^2 + H^2O^2.$$

Vers la fin l'acide carbonique et l'hydrogène s'ajoutent à ces premiers produits :

$$C^2H^2O^4 = C^2O^4 + H^2.$$

La différence de ces produits s'explique d'ailleurs par la diversité des conditions, puisque dans le premier cas, au début, la décomposition a lieu en présence d'un excès d'acide formique. Au contraire, dans le deuxième cas, à la fin, l'acide formique tend à disparaître et ses dernières portions se détruisent en présence de l'oxyde de carbone et de l'eau.

Quant à l'influence exercée par la température de décomposition, elle n'est pas même manifeste, et se retrouve dans la plupart des distillations sèches. Nous en reparlerons à l'occasion de la vitesse des réactions.

Venons à l'étude des décompositions limitées. Les faits connus se présentent avec trois caractères distincts.

Savoir :

1° La limite change avec la température ; les produits décomposés peuvent se recombiner par suite d'un abaissement de température (dissociation).

2° Enfin les produits sont susceptibles d'action réciproque, mais la limite est indépendante de la température.

3° Les produits de la réaction ne se recombinent pas, et ne sont pas susceptibles de réaction inverse; et cependant la décomposition semble demeurer incomplète. Mais ces dernières observations me paraissent reposer

Digitized by Google

sur une étude imparfaite du phénomène, comme il sera expliqué plus loin.

Exposons les faits :

1° *Dissociation.* — De même qu'en chimie minérale la chaleur peut décomposer un corps, dont les éléments se recombinent à une température plus basse.

Je citerai comme exemple la combinaison cristallisée que j'ai observée entre le chlorure cuivreux et l'oxyde de carbone, les éthers chlorhydriques et corps analogues.

La première combinaison n'est stable que dans une atmosphère d'oxyde de carbone. Placée dans un espace vide (ou rempli d'un gaz autre que l'oxyde de carbone), elle se décompose en partie, dès la température ordinaire, et suivant des rapports qui dépendent de la grandeur de l'espace vide. Mais le composé se reforme en présence de l'oxyde de carbone. — Ajoutons enfin que la décomposition s'accroît à mesure que la température s'élève.

J'ai également observé l'état de dissociation de l'éther chlorhydrique ordinaire vers 400 degrés ; celui du chlorhydrate de térébenthine vers 208 degrés et même au-dessous ; celui du chlorhydrate d'éthalène entre 200 et 300 degrés. Ces faits pouvaient être prévus. En effet, en 1815, Thenard avait observé que l'éther chlorhydrique se dédouble par la chaleur en gaz oléfiant et en acide chlorhydrique. Or, j'ai fait voir que ces deux gaz jouissent de la propriété de se combiner à la température ordinaire, et mieux encore à 100 degrés. Il y a donc là cette réciprocité qui caractérise la dissociation. A 360 degrés, j'ai observé, en effet, il y a longtemps, qu'il y avait une décomposition partielle.

L'état de décomposition partielle des éthers chlorhydriques est plus facile à constater que celui des composés minéraux, parce que le carbure d'hydrogène et l'hydracide ne se recombinent pas immédiatement. Si le refroidissement est lent, on retrouve le composé primitif à peu près inaltéré (sauf les conditions isomériques, dont on parlera tout à l'heure). Mais s'il est brusque, il en est autrement. Il suffit d'ouvrir en dehors du bain d'huile la pointe des tubes qui y sont plongés pour constater l'état de décomposition du produit qu'ils renferment. Une simple distillation la met d'ailleurs en évidence pour la plupart des éthers volatils au-dessus de 200 degrés. Je rappellerai également que M. Wurtz a étudié ces phénomènes avec détail sur l'iodhydrate d'anylène. Ainsi la décomposition des éthers à hydracide offre des phénomènes comparables à la dissociation de l'eau. Les observations conduisent à admettre également dans cette circonstance une tension de dissociation qui dépend de la température.

Voici un autre fait que l'on peut rapporter au même ordre de phénomènes. Le gaz oléfiant est absorbé par l'acide sulfurique, ce qui donne de l'acide éthylsulfurique :

$$C^4H^4.S^2H^2O^8.$$

C'est le point de départ de la synthèse de l'alcool.

Mais cette combinaison ne s'effectue qu'avec lenteur et dans des conditions spéciales à la température ordinaire ; chauffée au voisinage de 200 degrés, elle reproduit de l'acide et du gaz oléfiant. Voilà donc un exemple où la décomposition et la combinaison doivent être limitées par la tendance que les éléments séparés possèdent pour se recombiner. Il est probable que c'est en raison de cette circonstance que l'on n'arrive jamais à une absorption de gaz oléfiant par l'acide sulfurique proportionnelle aux équivalents de ces deux corps ; car bien que la théorie indique que 1 volume d'acide concentré puisse absorber environ 500 volumes d'hydrogène bicarboné, l'expérience montre que cette absorption s'arrête à 120 volumes environ. Il est probable que cette limite est réglée par un phénomène analogue à la dissociation.

J'explique également par l'intervention de ces phénomènes certaines observations que j'ai faites, il y a une quinzaine d'années. Lorsque, dans un tube scellé on chauffe à 400 degrés de l'alcool, de l'éther ou même du gaz oléfiant avec du chlorhydrate d'ammoniaque, on obtient une certaine quantité de chlorhydrate d'éthylamine. Cette réaction s'explique facilement dès que l'on admet qu'à une haute température, il y a dissociation partielle du sel ammoniac ; l'acide chlorhydrique, devenu libre, donne d'abord avec l'alcool un peu d'éther chlorhydrique, lequel réagit sur l'ammoniaque mise en liberté au même moment : d'où production d'éthylamine.

$$HCl.C^4H^7Az,$$

$$C^4H^5Cl + AzH^3 = HCl.C^4H^7Az.$$

Si l'on admet que le sel ammoniac n'éprouve aucun phénomène de dissociation, cette réaction reste inexpliquée.

L'action va même plus loin ; car j'ai observé que la diéthylammine, la triéthylammine, etc., prennent naissance successivement, sans doute par une suite de réactions fondées sur la dissociation de leurs chlorhydrates.

Dans les phénomènes de décomposition de ce genre, il survient souvent des complications particulières. Tel est le cas qui se présente avec le chlorhydrate d'essence de térébenthine, véritable éther bien défini et cristallisé qui a pour formule

$$C^{20}H^{16}HCl.$$

Ce corps distille à 208 degrés. Mais en même temps, il dégage des vapeurs d'acide chlorhydrique, ce qui annonce une dissociation partielle. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que cet acide ne se recombine pas complétement avec le carbure, même en maintenant les produits dans un vase scellé pendant un temps considérable. D'où vient la production définitive de cet acide ? C'est que dans ces conditions une partie du carbure d'hydrogène se modifie et forme du ditérébène 2 ($C^{20}H^{16}$). Or ce dernier ne se combine qu'avec 1 équivalent d'acide chlorhydrique, sa capacité de saturation est moitié moindre. Il y a aussi production d'un carbure isomé-

Digitized by Google

rique, le térébène, qui possède une propriété analogue, et ne forme qu'un hémichlorhydrate $(C^{20}H^{16})^2HCl$. Ces deux formations expliquent facilement la mise en liberté définitive d'une partie de l'acide chlorhydrique.

2° La limite à la décomposition paraît être, dans certains cas, indépendante de la température; la production des éthers va nous en fournir un exemple, au moins, dans tout l'intervalle des observations, c'est-à-dire entre 0 et 260 degrés. Mélangeons à équivalents égaux de l'acide acétique et de l'alcool, et abandonnons ce mélange à lui-même : soit à 0 degré, soit à 100 degrés, soit à 200 degrés, soit à 260 degrés, la combinaison s'effectuera avec formation d'éther acétique et d'eau. Mais, quelle que soit la température et la durée de la réaction, il n'y aura jamais qu'une partie des deux corps mis en présence qui se combinera; ce qui tient à ce que l'eau produite dans la réaction même tend à décomposer l'éther formé. On peut, en effet, opérer cette décomposition réciproque de l'éther par l'eau, et elle atteint la même limite pour les mêmes proportions équivalentes. Ces effets, qui peuvent être rapprochés des phénomènes de dissociation, s'en écartent cependant parce que la limite de l'éthérification est indépendante de la température. En voici la preuve, tirée des nombreuses expériences que j'ai faites sur l'éthérification.

En abandonnant pendant deux ans, à la température ordinaire, équivalents égaux de glycérine et d'acide acétique, on trouve qu'au bout de ce temps, il y a 69 centièmes d'acide neutralisés, et ce terme ne peut être dépassé.

A 170 degrés, au bout de vingt-quatre heures, l'action est également complète, et l'on trouve 68,7.

Ce cas n'est pas spécial à la glycérine.

| | | | |
|---|---|---|---|
| A 100° l'acide acétique et l'alcool à équivalents égaux, donnent lieu à une combinaison de 66 centièmes. | | | |
| à 170° | » | » | .... 66,5 |
| à 200° | » | » | .... 67 |
| à 220° | » | » | .... 66,5 |

L'équilibre qui se manifeste ne se produit ici qu'à la suite d'un temps variable, et qui dépend de la température, mais on voit que la limite à la combinaison est indépendante de cette température.

Voici un dernier exemple choisi parmi une multitude d'autres : il est relatif à l'acide benzoïque et l'alcool :

| | | |
|---|---|---|
| A 190°..... | 66,8 °/₀ | de combinaison |
| 200°..... | 66,3 | » |
| 220°..... | 66,5 | » |
| 260°..... | 66,3 | » |

Ces nombres sont concordants et doivent être considérés comme identiques dans les limites d'erreur des expériences.

Les nombres précédents se rapportent tous à des réactions opérées sur des systèmes liquides et homogènes, maintenus tels à la température des réactions.

La limite des réactions de cette nature varie à une même température avec l'état de condensation de la matière. Dans un système liquide, la décomposition d'un éther par l'eau va plus loin, toutes choses égales d'ailleurs, que dans un système gazeux, et si l'on compare plusieurs systèmes gazeux, la proportion d'éther décomposée est d'autant moindre que le volume occupé par la matière est plus considérable. Tous ces faits répondent à des notions de mécanique chimique d'une grande importance.

Quelle est la condition générale qui règle les divers modes de réaction que je viens de développer : réactions sans limite, réaction à limite variable avec la température, réactions avec limite indépendante de la température? Cette condition, comme il résulte de mes expériences sur les éthers composés et de celles de M. Deville sur la dissociation, n'est autre que la possibilité d'une réaction inverse déterminée, soit par abaissement dans la température, soit par un changement dans les proportions des corps réagissants. Toutes les fois que l'une de ces deux circonstances existe, et dans tout l'intervalle de température où elle se présente, la décomposition est nécessairement limitée.

Il est facile de concevoir que cette limite doit varier avec l'état de condensation de la matière, dans un système gazeux; cet état est corrélatif de la pression exercée sur ce système; mais il en est pour ainsi dire indépendant dans un système liquide.

Quant à la relation qui doit exister entre la limite des réactions et la température, deux hypothèses peuvent être formulées à priori : On peut admettre que, dans l'intervalle où la décomposition est limitée, la limite est variable avec la température; ou bien qu'elle en est indépendante. Les faits que je viens de rappeler prouvent que ces deux hypothèses sont toutes deux réalisées dans la nature.

Il est d'ailleurs à remarquer, dans un cas comme dans l'autre, que durant un certain intervalle de température, et suivant qu'elle s'exerce sur un système tel que l'hydrogène, l'oxygène ou l'alcool, l'acide acétique, ou bien sur le système réciproque, tel que l'eau ou l'éther acétique et l'eau, la chaleur développe deux réactions inverses et qui aboutissent toutes deux à la même limite. Entre ces deux réactions, il y a cependant une différence capitale, car l'une d'elles dégage de la chaleur, tandis que l'action inverse absorbe de la chaleur; en d'autres termes, l'une des réactions résulte du travail des affinités chimiques, tandis que l'autre résulte du travail contraire de la chaleur.

Nous sommes conduits maintenant à examiner les relations réciproques à celles que nous venons de développer : Toute décomposition limitée répond-elle à la possibilité d'une réaction inverse?

A priori, on conçoit que la présence des produits d'une décomposition suffise pour en arrêter le développement ultérieur, même lorsque ces produits, mis en contact séparément, ne sont pas susceptibles de se recombiner. Si l'on envisage les faits superficiellement, il

Digitized by Google

semble même que les exemples d'une décomposition limitée, sans qu'il y ait recombinaison inverse, ne soient pas rares en chimie organique. Je citerai seulement la décomposition limitée que le gaz ammoniac éprouve lorsqu'il est dirigé à travers un tube de porcelaine rougi. J'ai observé un fait analogue et en apparence plus concluant en chauffant pendant quelques heures, dans un tube de bohême celle du gaz des marais à une température de 7 à 800 degrés. Mais ces faits, qu'il serait facile de multiplier, sont peu concluants. En effet, dans toutes ces circonstances, la température de décomposition n'a pas été maintenue au delà de quelques minutes, tout au plus de quelques heures. Mes recherches prouvent qu'une réaction sans limite, opérée à une température fixe, particulièrement en chimie organique, peut exiger 25, 50, 100 heures ou même davantage pour devenir complète. Toutes les fois que j'ai poursuivi l'étude d'une décomposition incomplète en dehors de la possibilité d'une réaction inverse, j'ai toujours fini par reconnaître qu'une telle décomposition représente seulement un état transitoire ! En prolongeant convenablement l'action de la chaleur, j'ai toujours réussi à compléter la décomposition.

### 3° *Vitesse des réactions.*

Le temps est nécessaire pour l'accomplissement des réactions chimiques, de même que pour tous les phénomènes mécaniques. Il est facile de se rendre compte de cette nécessité, si l'on réfléchit à la destruction des liaisons primitives qui existent dans les systèmes, à la production des liaisons nouvelles, et aux changements de force vive qui s'accomplissent dans toute action chimique; je parle ici d'ailleurs, non-seulement des systèmes renfermant des corps solides dont la dissolution ou l'évaporation est nécessaire pour l'accomplissement des réactions, mais aussi des systèmes gazeux ou liquides, homogènes dès le début, et qui demeurent tels pendant tout le cours des réactions. C'est sur les systèmes de ce genre que l'on peut étudier la loi générale des phénomènes, surtout si on les soumet à l'action d'une température fixe, ou si l'on opère dans des vases scellés, de façon à maintenir en contact prolongé les produits des réactions.

A première vue, les réactions chimiques peuvent se partager en réactions subites et réactions progressives. L'inflammation d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène, la détonation de l'acide hypochloreux et celle de l'oxalate d'argent sont des réactions subites; la décomposition par la chaleur de l'acide formique, de l'acide oxalique, du formiate de baryte, la formation des éthers, sont des réactions progressives. Citons quelques faits pour préciser les idées. 1 gramme de formiate de baryte chauffé à 250 degrés dans un tube scellé de 40 centimètres cubes, dégage 2 centimètres cubes de gaz.

Au bout de 18 heures, à la même température, le gaz dégagé s'élève à 23 centimètres cubes.

Au bout de 40 heures, il s'élève à 57 centimètres cubes.

La réaction exige environ 100 à 120 heures, à 250 degrés, pour être complète, c'est-à-dire pour amener la destruction complète du formiate de baryte. Dans les essais précédents, on a opéré en vase scellé; on observe des effets analogues en opérant dans un ballon muni d'un tube à dégagement, c'est-à-dire en fournissant une issue aux gaz produits dans la réaction.

Entre ces deux ordres de réactions, les réactions subites et les réactions progressives, la différence tient évidemment à ce que les premières dégagent une grande quantité de chaleur dans un temps donné; toutes les fois que cette quantité est assez grande pour compenser, et au delà, l'effet du refroidissement produit par les causes extérieures, l'action chimique continue d'elle-même, sans exiger l'intervention d'une source de chaleur, et elle se propage rapidement dans toute la masse; l'action devient ainsi subite et même explosive. Mais on n'observera jamais ce caractère dans une réaction qui se produit en absorbant la chaleur fournie par la source extérieure : tel est le cas de la décomposition de l'acide oxalique (1). On ne l'observera même pas dans les réactions qui dégagent de la chaleur, si ces réactions sont assez lentes pour que la chaleur dégagée ne suffise pas pour compenser l'effet du refroidissement : tel est le cas de la décomposition de l'acide formique et du formiate de baryte.

Deux réactions qui dégagent la même quantité de chaleur pourront donc, si elles s'effectuent avec des vitesses différentes à une même température, l'une devenir explosive, l'autre demeurer progressive.

Ceci s'applique également à une même réaction observée à des températures différentes. Ainsi l'oxalate d'argent se décompose lentement à 100 degrés; mais un peu au-dessus de cette température sa décomposition est subite et explosive. Cependant la quantité de chaleur dégagée dans les deux circonstances est à peu près la même. Mais elle se dégage plus lentement dans un cas que dans l'autre. Dans ces circonstances, la masse des corps doit exercer une grande influence, puisque la vitesse du refroidissement lui est subordonnée. Le fait que je viens de signaler pour l'oxalate d'argent, s'applique probablement à toutes les réactions subites : toutes ces actions, au-dessus de la température où elles deviennent explosives, doivent se produire d'une manière progressive pendant un intervalle de température plus ou moins resserré.

Étudions de plus près l'influence de la température sur les décompositions et réactions qu'elle détermine. Les décompositions et les réactions progressives s'accomplissent avec une vitesse qui dépend de la température. Ainsi, un gramme de formiate de baryte, enfermé dans un tube de 40 centimètres cubes et chauffé à 250 degrés

(1) La décomposition d'un équivalent d'acide oxalique solide, $O^4H^2O^8$, répond à une absorption de 15 000 calories environ.

Digitized by Google

pendant deux heures, dégage 4 centimètres cubes de gaz :

1 gramme du même sel, dans un tube de 40 centimètres cubes, chauffé à 360 degrés pendant le même temps, dégage 110 centimètres cubes; cette dernière réaction répond à la décomposition des deux tiers du formiate. Les produits obtenus dans les deux circonstances sont sensiblement les mêmes.

Voici d'autres expériences, exécutées dans des ballons qui offraient aux gaz une libre issue.

50 grammes de formiate de baryte, chauffés au bain d'huile, commencent à se décomposer vers 225 degrés. A 250 degrés, il se dégage 4 centimètres cubes de gaz par minute (1).

A 275 degrés, 5cc par minute.
A 300 degrés, 7cc par minute.

Dans une autre expérience faite sur 130 grammes de formiate de baryte contenu dans un ballon de 150 centimètres cubes, on a obtenu :

A 250 degrés, 9cc de gaz par minute.
A 270 degrés, 13cc ; à 300 degrés, 15cc.

Il s'agit dans cet exemple d'une réaction sans limite, c'est-à-dire qui finit par devenir complète au bout d'un temps suffisant. On peut voir par les chiffres cités, que si l'on opère à une température déterminée et dans un tube scellé, les quantités décomposées sont en raison directe de la durée de la réaction : *la vitesse de la décomposition est proportionnelle au temps.* C'est la loi la plus simple que l'on puisse imaginer; elle s'applique probablement aux réactions sans limites, toutes les fois qu'elles absorbent de la chaleur ou qu'elles en dégagent trop peu pour compenser l'effet du refroidissement. Je l'ai également observée en décomposant le formiate de baryte dans un vase ouvert. — Cette vitesse change d'ailleurs avec la température : à 300 degrés elle n'est pas encore double de ce qu'elle est à 250 degrés pour le formiate de baryte.

La vitesse de la réaction suit une loi différente dans les réactions limitées. J'ai expérimenté seulement sur des réactions dont la limite est indépendante de la température, c'est-à-dire sur la formation des éthers. En admettant que les quantités qui se combinent à chaque instant soient proportionnelles au produit des masses réagissantes, on trouve une loi très-simple et conforme à l'expérience pour représenter la vitesse de la réaction. En effet, le phénomène est exprimé par une hyperbole équilatère, dont les abcisses marquent le temps, et les ordonnées les quantités qui se combinent.

La vitesse de combinaison répond alors à un certain coefficient dont voici les valeurs pour diverses températures, pour un mélange d'alcool et d'acide acétique, à équivalents égaux :

| | | |
|---|---|---|
| Vers | 8° | 4 |
| — | 85° | 740 |
| — | 100° | 1700 |
| — | 170° | 85000 (1) |

Ainsi, le coefficient de la vitesse est de 22 000, aussi grand à 170 degrés qu'à 8 degrés.

J'ajouterai que la relation que ces nombres établissent entre la vitesse de combinaison et la température peut être exprimée par une formule exponentielle de la forme suivante :

$$nAt$$

dans laquelle $n$ et A sont deux coefficients indépendants de la température $t$, $n$ étant relatif à chaque éther, et A le même pour tous les éthers.

Cette loi qui règle la vitesse de l'éthérification est rendue plus importante par la grande généralité de ce genre d'action en chimie organique.

Signalons encore une relation remarquable établie par l'étude des réactions éthérées, mais qui s'applique probablement aussi à d'autres réactions. Il s'agit de l'influence de la matière sur la vitesse des réactions : c'est ce que l'on désigne sous le nom impropre de pression dans l'étude des systèmes gazeux. J'ai fait diverses expériences sur la formation comparée des éthers, à une même température, dans des systèmes liquides et dans des systèmes gazeux tels que la matière occupant des volumes 50,100,500,1000 fois aussi considérables (voir le mémoire cité précédemment). Or, la vitesse des réactions est d'autant moindre que l'état de dilatation de la matière augmente : les réactions finissent par se ralentir tellement, que dans un système d'alcool et d'acide acétique tel que 1 gramme de matière occupait 1560 centimètres cubes, la combinaison, au bout de 458 heures à 200 degrés, avait atteint seulement les deux tiers de sa limite, tandis que 20 heures à 200 degrés sont plus que suffisantes pour amener la réaction du même système à une limite sensiblement invariable.

Examinons comment se comporte un corps composé soumis à l'influence d'une température supérieure à celle qui commence à produire sa décomposition. La décomposition s'accélère de plus en plus à mesure que la température de la source, et par suite celle du corps lui-même est plus élevée. Cette accélération peut donner lieu à deux résultats définitifs d'un ordre opposé :

1° La température du corps peut dépasser celle de la source, et la décomposition s'accélérer sans cesse jusqu'à devenir explosive; nous avons déjà traité cette circonstance, applicable par exemple à la décomposition de l'oxalate d'argent;

(1) Les produits qui prennent naissance dans ces conditions sont les mêmes en vase scellé et en vase ouvert. Ce sont : 1° Du carbonate de baryte, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène :

$$2B^2HBaO^4 = C^2O^12BaO + C^2O^2 + H^2.$$

2° De l'acide carbonique et du gaz des marais : $4C^2HBaO^4 = 2(C^2O^42BaO) + C^2O^4 + C^2H^4$.

3° Une trace de carbure et une petite quantité d'acétone (produit par la réaction du gaz des marais et de l'acide carbonique naissants), etc.

(1) Voy. Annales de chimie et de physique, 3e série, t. LXVI, 1862.

Digitized by Google

2° La température du corps peut s'arrêter à un terme fixe, qu'il ne dépasse plus, quel que soit l'excès de température de la source : toute l'influence de celle-ci s'exerce alors pour activer la décomposition. C'est ce qui arrive dans la décomposition de l'acide oxalique par la chaleur ; comme il a été dit plus haut, la température de cette décomposition se fixe au voisinage de 188 degrés, quel que soit l'excès de température de la source de chaleur, bain d'huile ou bec de gaz.

Ces deux phénomènes opposés sont en relation avec la nature de la réaction. Les réactions explosives se rencontrent seulement parmi celles qui dégagent de la chaleur, tandis que les réactions à température fixe se rencontrent seulement parmi celles qui absorbent de la chaleur. On a donc là un caractère pour distinguer, même sans aucune mesure des quantités de chaleur, les deux ordres de réactions. Malheureusement ce caractère ne s'applique pas dans tous les cas : car pour qu'une réaction devienne explosive ou tende vers une température fixe, il faut qu'il y ait un rapport d'un certain ordre entre chaque température et la vitesse correspondante de décomposition. Je ferai observer encore que le caractère explosif ou fixe d'une réaction n'est pas subordonné à l'existence ou à l'absence d'une limite des réactions, telle que celle qui préside à la dissociation ou à l'éthérification. Il résulte de ces faits que la température qui répond à une réaction donnée, par exemple à la décomposition d'un corps, n'est pas une donnée constante. Un corps déterminé peut subsister en grande partie, et pendant un temps considérable, à une température très-supérieure à celle qui serait capable de le décomposer complétement si elle est maintenue pendant un temps plus long.

Ainsi l'acide formique en vapeur traverse sans décomposition sensible un serpentin chauffé dans un bain d'huile à 300 degrés; la température de la vapeur, donnée par un thermomètre, atteint réellement 300 degrés, température du bain. Cependant le même acide, maintenu à 260 degrés, c'est-à-dire à une température plus basse, pendant plusieurs heures, se décompose peu à peu, et, au bout de vingt-cinq heures, complétement.

Le formiate de baryte se détruit complétement à 260 degrés au bout d'un temps suffisant; et cependant j'ai pu le porter à 330 degrés au bain d'huile, la température du sel étant donnée par un thermomètre, sans que la décomposition fût notable au bout de quelques minutes. Même au bout d'une heure, elle s'élève à peine à quelques centièmes, le reste du sel demeure inaltéré et peut être isolé par cristallisation. Sa résistance n'est pas accrue d'ailleurs par la formation graduelle du carbonate de baryte ; car le sel qui a résisté ainsi à 330 degrés, ramené à 250 degrés, continue à se décomposer, et cela avec la même vitesse qui préside à la décomposition du sel, sans aucun mélange.

Le formiate de baryte peut même supporter la température du rouge sombre sans se détruire immédiatement en totalité.

Voici encore d'autres faits analogues. L'alcool se décompose complétement, entre 500 et 600 degrés, dans un tube scellé, à une température bien inférieure à celle du ramollissement du verre; car la pression développée dans le tube refroidi, lors de mes expériences, dépassait 40 atmosphères. Cependant la vapeur de l'alcool traverse un tube de verre chauffé au rouge, à la température du ramollissement, sans se détruire entièrement.

L'aldéhyde donne lieu à une observation plus remarquable encore. On sait que M. Liebig l'a préparé d'abord en décomposant la vapeur de l'alcool à la température du rouge sombre; et cependant ce même aldéhyde, maintenu à la température fixe de 160 degrés pendant une centaine d'heures, se décompose complétement.

Vous voyez combien est important le rôle du temps dans les réactions organiques; car c'est lui qui permet ces phénomènes de surchauffe, en vertu desquels un composé peut supporter pendant quelques instants une température supérieure de plusieurs centaines de degrés à celle qui suffirait à le détruire complétement, si elle était suffisamment prolongée.

Ce fait a des conséquences qu'il est essentiel de signaler.

En effet, selon la température à laquelle on produit les décompositions ou les réactions, on peut obtenir des corps d'une nature toute différente. A la plus basse température possible, la décomposition est lente et formée des produits réguliers et simples. A une haute température, les molécules du corps composé prennent en quelque sorte un excès de force vive; les produits qui auraient pris naissance dans la première circonstance ne rencontrent plus les conditions de leur formation ou de leur stabilité; ils sont remplacés par des systèmes nouveaux qui renferment, à côté des éléments, carbone et hydrogène, et de leurs composés binaires, des principes complexes et peu abondants, formés par l'association d'un grand nombre de molécules : tels que les carbures $C^{2n}H^{2n}$ dans la distillation des acétates alcalins, l'acétone et les mêmes carbures dans la distillation des formiates, la naphtaline $C^{20}H^{8}$, le phénol $C^{12}H^{6}O^{2}$, etc., prennent surtout naissance lorsque la température s'élève au plus haut degré : ce sont, en raison de leur stabilité, des produits communs de presque toutes les décompositions des principes organiques.

Non-seulement les produits de la décomposition seront ainsi modifiés, en raison des conditions nouvelles réalisées par la surchauffe, c'est-à-dire en raison du temps exigé pour que la décomposition s'accomplisse, et de l'excès de force vive des molécules, mais il peut arriver que des composés se produisent à une certaine température qui serait capable de les détruire si elle agissait sur ces mêmes composés pendant un temps plus considérable.

Ainsi l'essence de térébenthine, chauffée à 30 degrés pendant quelques heures, se change en grande partie en isomère, l'isotérébenthine. Mais si l'on prolonge la même température pendant cinquante ou soixante

Digitized by Google

heures, l'isotérébenthine disparaît et fait place à un carbure polymésique, le métatérébenthine. La même remarque s'applique à la formation de l'aldéhyde, aux dépens de l'alcool chauffé au rouge sombre; il y a même ici cette circonstance remarquable que le produit qui prend naissance, c'est-à-dire l'aldéhyde, se détruit sous l'influence du temps, à une température beaucoup plus basse que l'alcool.

De même, les carbures d'hydrogène, $C^{2n}H^{2n}$, se produisent dans la distillation sèche des formiates, des acétates, etc., même à la température du rouge sombre, c'est-à-dire à une température dont l'action prolongée suffirait pour les détruire. Ainsi s'expliquent, par la considération de la vitesse des réactions, une multitude de phénomènes observés en chimie organique.

C'est également par l'influence du temps que l'on peut expliquer les différences qui existent entre une décomposition opérée à une même température fixe, selon que l'on opère sur une quantité de matière ou sur une masse considérable.

Pour constater l'existence de ces composés divers qui représentent une série d'états d'équilibre successifs et momentanés, la condition la plus favorable consiste évidemment à faire intervenir un refroidissement brusque. C'est ainsi que les cabrures $C^{2n}H^{2n}$ s'obtiennent dans la distillation sèche des acétates ou des sels analogues; mais ils disparaissent dès que l'on fait intervenir l'influence prolongée d'une haute température.

On peut expliquer de la même manière la formation de l'ammoniaque sous l'influence de l'étincelle électrique agissant sur un mélange d'hydrogène et d'azote; celle de l'acétylène, sous l'influence de l'arc électrique, agissant sur le carbone ou sur l'hydrogène. En effet, l'ammoniaque se décompose sous l'influence d'une température rouge un peu prolongée; mais dans les circonstances précédentes, l'ammoniaque et l'acétylène peuvent se former de deux manières. Ou bien ces composés se forment momentanément, à la température même de l'étincelle ou de l'arc électrique; ils y subsistent un moment et ils sont soustraits par le refroidissement brusque, influence décomposante que la chaleur exercerait si son action se prolongeait davantage. Ou bien les composés ne se forment qu'à une température plus basse et en raison de l'excès de force vive communiqué aux éléments par la haute température de l'arc électrique, excès de force vive qui ne disparaît pas instantanément par suite du refroidissement et qui devient capable de déterminer la combinaison à une température plus basse. Dans une explication comme dans l'autre, tout roule sur le temps nécessaire pour que les molécules prennent un état d'équilibre stable.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
(de l'Institut).

### XXXI.

**Le curare considéré comme moyen d'investigation physiologique.**

Il faut s'arrêter, disons-nous, aux propriétés intimes de la matière; mais il faut toujours chercher à aller jusque-là; et une recherche physiologique n'est terminée que lorsqu'elle arrive à constater une propriété définie, c'est-à-dire une modification chimique ou physique qui rende compte du phénomène. Il n'y a que cela qu'on puisse appeler une explication véritable, car tout ce qu'on met en avant sous le nom d'action vitale indique simplement qu'il reste encore quelque chose d'obscur et d'indéfini dans le phénomène dont on parle.

Cherchons donc le phénomène physico-chimique élémentaire particulier qui peut se produire à l'extrémité musculaire du nerf moteur, sous l'influence du curare, et pour arriver à le découvrir, commençons par faire les hypothèses qui nous paraîtront les plus probables pour rendre compte des faits. D'abord nous pensons que la modification qui amène l'empoisonnement du nerf moteur a son siége dans le milieu entourant la plaque nerveuse. En effet, lorsque les propriétés du nerf moteur ont été suspendues par le curare, il est très-facile de les faire renaître assez rapidement en employant la respiration artificielle, qui renouvelle le sang et le purifie du curare par une élimination, ce qui ne se comprendrait guère s'il y avait une lésion du nerf lui-même.

Nous avions d'abord supposé que le curare agissait peut-être sur le nerf moteur en produisant l'asphyxie. Mais en y réfléchissant, on voit bientôt que cette opinion n'est pas soutenable : en effet, le sang ne devient noir que postérieurement à la mort du nerf moteur. D'ailleurs, quand on pratique la respiration artificielle sur un animal pris des effets du curare, le sang redevient bientôt rouge, et le premier effet que produit ce sang rouge, quand il contient encore assez de curare, c'est de continuer à empoisonner et à amener la mort du nerf moteur, au lieu de le faire revenir de suite à ses propriétés normales.

Il faut, du reste, s'entendre sur le sens du mot *mort*, sens qui est souvent difficile à déterminer de manière à satisfaire tout le monde. Ce que nous appelons mort, c'est la cessation des propriétés physiologique des tissus, et par conséquent, lorsque nous parlons de la mort du nerf moteur par le curare, il faut entendre la cessation de ses propriétés physiologiques et de ses fonctions,

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28 et 29.

Digitized by Google

d'être excité par le nerf sensitif et d'exciter à son tour la fibre musculaire à se contracter.

L'asphyxie ne pouvant rendre compte de la destruction du nerf moteur par le curare, il faut bien qu'il y ait une autre modification propre à ce poison. Toutefois, on n'a pas encore pu trouver de lésion anatomique après l'action du curare sur les nerfs moteurs. Cela ne doit pas nous arrêter, car l'anatomie a elle seule est peu instructive, et la forme ou les altérations des organes ne pourraient guère nous révéler les phénomènec qui s'y sont passés. Les *a priori* anatomiques n'existent point en réalité; ils ne sont que des *a posteriori* physiologiques. C'est donc sur le vivant qu'il faut chercher l'explication de l'empoisonnement par le curare, et c'est ainsi que nous procéderons.

On sait aujourd'hui que chaque élément organique est autonome et possède ses propriétés physiologiques particulières; seulement ces éléments réagissent les uns sur les autres, de telle sorte que lorsque l'un d'entre eux entre en fonctions, il en résulte toute une série d'actions successives. Ainsi quand un mouvement réflexe se produit, il y a eu d'abord une excitation des organes périphériques, de la peau par exemple; cette excitation recueillie par le nerf sensitif est transmise à la cellule originelle de ce nerf dans la moelle, cette cellule irrite la cellule motrice correspondante, et celle-ci agit à son tour sur le nerf moteur qui fait contracter le muscle. Tel est le circuit d'une action réflexe. Le curare, en détruisant le nerf moteur, interrompt ce circuit et produit un hiatus qui rend le phénomène total impossible. Mais il n'en est pas moins vrai que le nerf moteur n'a qu'une seule propriété, réagir sur le muscle, et pas autre chose.

Examinons d'abord comment le nerf moteur meurt dans les conditions physiologiques ordinaires. En effet, je crois que bien des actions qu'on dit spécifiques ou toxiques ne sont, en réalité, que des actions physiologiques, et on ne doit y voir que des phénomènes normaux qu'une cause quelconque est venue manifester dans des conditions particulières.

Les différentes périodes de la mort naturelle des nerfs moteurs sont assez bien connues, et il est facile de les observer sur la grenouille, parce que les phénomènes sont assez lents chez cet animal, tandis qu'ils sont au contraire très rapides chez les mammifères et chez les oiseaux. Ce que nous appelons la mort du nerf moteur, c'est, comme nous l'avons dit plus haut, la perte de l'irritabilité de ce nerf ou de sa propriété de recevoir l'impression du nerf sensitif et de réagir sur le muscle. Or, que voyons nous? Si nous pinçons la patte d'une grenouille à l'état normal, nous obtenons aussitôt un mouvement et nous en concluons que le nerf moteur a toutes ses propriétés. C'est très-bien. Mais lorsque nous n'obtenons plus de mouvements en pinçant la patte, nous ne devons pas nous hâter de dire que le nerf est mort; car le nerf sensitif meurt avant lui, et il meurt de la périphérie vers le centre, de sorte que, si on avait irrité le nerf plus haut, c'est-à-dire plus près de son extrémité médullaire, on aurait peut-être obtenu une contraction par réaction du nerf sensitif sur le nerf moteur. Tous les physiologistes connaissent ces phénomènes, et ils savent également que le nerf moteur perd au contraire ses propriétés du centre à la périphérie; on suit du reste très-facilement cette mort progressive du nerf moteur.

Voilà comment le nerf meurt naturellement, par épuisement ou par extraction du sang. Meurt-il autrement sous l'influence du curare? On avait été porté, — par suite de la nécessité d'empoisonner le nerf moteur par son extrémité musculaire pour avoir les effets du curare, — à admettre que l'action de ce poison se produisait sur l'extrémité musculaire du nerf moteur avant de se produire sur son extrémité centrale, de sorte que la mort par le curare et la mort physiologique du nerf moteur se seraient produites en sens inverse l'une de l'autre. On avait été naturellement conduit à cette hypothèse par ce fait bien constaté que le nerf moteur n'était vulnérable au curare qu'à son extrémité musculaire. Nous disons hypothèse, parce que toute explication qu'on propose pour un phénomène est et reste une hypothèse jusqu'à ce que les faits viennent la confirmer. Il faut donc bien distinguer ces deux ordres de choses, les *faits* et les *explications* qu'on en donne. Les faits restent toujours les mêmes parce qu'ils sont dans la nature, dont les lois sont immuables; les explications, au contraire, sont dans notre esprit et elles changent avec lui suivant nos connaissances au fur et à mesure que des faits nouveaux se révèlent à nous et modifient nos idées.

---

CONFÉRENCES HISTORIQUES DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.

M. Béclard fera lundi prochain, 25 juin, à sept heures et demie du soir, une conférence sur Harvey. On nous assure que M. Broca fera le lundi suivant, sans clore la série des entretiens historiques de cette année, la conférence sur Celse, qu'une indisposition l'avait forcé de remettre. — La librairie Germer Baillière publiera prochainement en un volume in-8° toutes les conférences faites cette année à la Faculté de médecine.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*En vente aujourd'hui :*

SCIENCE ET DÉMOCRATIE, par M. VICTOR MEUNIER, rédacteur scientifique de l'*Opinion nationale*. 1 vol. in-18 de 400 pages faisant partie de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. 3 fr. 50

MATÉRIALISME ET SPIRITUALISME, par M. ALPH. LEBLAIS, précédé d'une préface par M. E. LITTRÉ (de l'Institut). 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

DE LA MORALE DANS L'ANTIQUITÉ, par M. AD. GARNIER, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des lettres, précédé d'une introduction par M. PRÉVOST-PARADOL, de l'Académie française. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 31. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 1er JUILLET 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1 ) | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

Six mois..... Paris, 15 fr. Départ., 18 fr. Étranger, 20 fr.
Un an..... — 26 — 30 — 35

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

**SOMMAIRE.**

**Académie des sciences.**

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE. — **Physique.** — Conférence de **M. Riche** : L'air et son rôle dans la nature.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XXXI (fin), XXXII et XXXIII. Du curare considéré comme moyen d'investigation physiologique.

**Bulletin des cours.**

Paris, 30 juin 1865.

M. Claude Bernard a présenté, lundi dernier, à l'Académie des sciences, trois mémoires intéressants. Le premier est un travail de M. Roudanowski sur la structure intime du système nerveux; le second, un mémoire de M. Heidenheim, professeur de physiologie à Breslau, sur le développement de la chaleur pendant la contraction musculaire, qui cherche à trouver dans l'organisme vivant la vérification des théories nouvelles sur la transformation de la chaleur en mouvement et du mouvement en chaleur. Enfin, le troisième, de M. le docteur Preyer, contient l'exposé des recherches au moyen desquelles il est parvenu à extraire la curarine dans le laboratoire de M. Claude Bernard. Ces recherches sont déjà connues des lecteurs de la *Revue* (voyez la XXVIIe leçon du cours de *médecine expérimentale* de M. Claude Bernard dans le numéro du 27 mai dernier), et nous leur rappellerons seulement que M. Preyer fixe pour formule à la curarine $C^{10}H^{15}Az$.

M. Claude Bernard a joint au travail de M. Preyer une note sur les effets physiologiques de la curarine, qui sont les mêmes que ceux du curare; seulement la curarine obtenue par M. Preyer est vingt fois plus forte que le curare d'où il l'a extraite, car il suffit d'un milligramme de curarine injecté sous la peau pour tuer un lapin, tandis qu'il fallait pour cela 20 milligrammes du curare employé. Il est vrai que ce curare est le plus faible de tous, et que les variations de force de ce poison sont très-considérables, puisqu'il y en a des échantillons qui sont six fois plus actifs que d'autres. En général, le curare des calebasses a des propriétés toxiques moins énergiques que le curare des pots ou des flèches (1).

M. Charles Sainte-Claire Deville a présenté une quatrième lettre de M. Fouqué relative à la dernière éruption de l'Etna, ainsi que diverses photographies prises sous sa direction et représentant diverses phases de ce grand phénomène géologique.

Enfin, une grande partie de la séance a été occupée par les observations de M. Le Verrier, à l'occasion de la lettre que M. Matteucci vient de publier dans les journaux en réponse aux critiques dont il avait été l'objet de la part de M. Le Verrier, dans la séance du 5 mai dernier, relativement à la télégraphie météorologique.

M. Paul Gervais, doyen de la Faculté des sciences de Montpellier, vient d'être nommé professeur de zoologie, anatomie et physiologie comparée, à la Faculté des sciences de Paris, en remplacement de feu M. Gratiolet.

Nous terminons aujourd'hui la publication des *Soirées scientifiques de la Sorbonne*, qui ont paru intégralement dans la *Revue*, par la conférence de M. Riche, qui a clos la série des entretiens de cette année. É. A.

(1) Consulter particulièrement les leçons XIX, XX, XXI et XXVIII du cours de *médecine expérimentale* de M. Claude Bernard, dans les numéros de la *Revue des cours scientifiques* des 22 et 29 avril et 3 juin derniers.



Digitized by Google

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

### PHYSIQUE.

CONFÉRENCE DE M. RICHE.

**De l'air et de son rôle dans la nature.**

Mesdames et Messieurs,

Tout être vivant sur la terre est de l'air organisé.

Cette proposition dont j'espère vous démontrer l'exactitude suffit pour indiquer l'importance du rôle que l'air joue dans la nature. Comme ce sujet est extrêmement vaste, je n'appellerai votre attention que sur les points les plus essentiels, et même parmi ceux-là, je laisserai de côté tout ce qui se rattache à l'oxydation des corps, à la production de la flamme et à la fermentation, parce qu'on vous en a déjà plusieurs fois entretenus.

La terre est entourée d'une enveloppe gazeuse qui constitue l'air; ce gaz est invisible, mais son agitation continuelle manifeste à chaque instant sa présence, car la brise, le vent, la tempête, ne sont que de l'air mis en mouvement avec une intensité variable.

Quand on songe aux puissants effets que produit cet air en mouvement, il semble impossible d'admettre qu'on ait jamais pu révoquer en doute sa matérialité. C'est cependant l'erreur dans laquelle sont tombés un grand nombre de philosophes qui ont envisagé l'air comme un être immatériel plus ou moins semblable à l'âme humaine. Ainsi Anaxagore disait : *l'âme est quelque chose d'aérien;* et plus loin : *l'air est la divinité même.*

La longue ignorance des hommes sur ce point fondamental me décide à commencer par vous fournir une preuve expérimentale de la matérialité de l'air.

Personne de vous n'ignore que tous les corps, que tous les êtres matériels placés à la surface de la terre sont attirés vers son centre par une force nommée la pesanteur, ce qui revient à dire que tous les corps placés dans sa sphère d'action sont pesants. Eh bien, si je vous prouve que l'air est pesant, il est clair que je vous aurai démontré que l'air est matériel, que c'est un corps au même degré que la pierre, que l'eau, ou toute autre substance. Or, c'est précisément ce que nous allons faire.

Vous avez sous les yeux un appareil nommé la machine pneumatique; pour vous le peindre en quelques mots, je vous dirai que c'est une pompe aspirante, c'est-à-dire une de ces pompes dont on se sert journellement pour enlever l'eau d'une cavité, d'un réservoir; la seule différence réside en ce fait qu'on l'emploie à enlever non pas l'eau, mais l'air lui-même.

Voici un vase de verre, nous l'appelons un ballon en raison de sa forme. Nous y avons fait le vide, nous l'avons suspendu à l'un des plateaux d'une balance, puis nous l'avons équilibré rigoureusement avec des poids. Si nous ouvrons le robinet qui ferme ce ballon, un sifflement se fait entendre, sifflement produit par la rentrée de l'air dans le ballon. Mais un autre fait se manifeste, et c'est sur celui-là que j'appelle toute votre attention : le fléau de la balance s'incline du côté du ballon, ce qui vous montre que l'air est pesant. Son poids est faible, il est vrai, car 10 litres d'air ne pèsent que 13 grammes, tandis que 10 litres d'eau pèsent 10 kilogrammes. Cependant, quelque léger que soit ce poids, vous allez acquérir la preuve que l'air exerce sur la terre une pression considérable.

J'ai là, messieurs, deux vases de cuivre très-petits; ils n'ont que 12 centimètres de diamètre; on les appelle en raison de leur forme et de la ville où l'on réalisa cette expérience pour la première fois, les hémisphères de Magdebourg. Nous les réunissons, puis nous y faisons le vide. Quelque effort que j'exerce maintenant pour les séparer, je ne puis y parvenir, deux hommes les tirant chacun de leur côté ne seraient pas plus heureux; j'y suspends 50, 100 kilogrammes, l'insuccès est le même. A Magdebourg, l'appareil était beaucoup plus grand que celui-ci et vingt chevaux ne purent le rompre.

Que s'est-il passé? Il y avait dans l'intérieur de cette sorte de boîte de l'air faisant contre-poids à l'air extérieur. En enlevant l'air des hémisphères j'ai détruit ce contrepoids; alors l'air extérieur presse les deux hémisphères l'un contre l'autre et la compression est assez énergique pour qu'il nous soit impossible de les séparer. Si mon explication est vraie, nous n'aurons qu'à faire rentrer l'air dans l'appareil pour qu'il s'ouvre de lui-même; vous allez en être juges : j'ouvre ce robinet, l'air rentre, et les hémisphères se séparent sans effort. Ainsi, messieurs, le souffle de l'air a produit ce que la traction la plus forte n'a pu réaliser. Si telle est la pression sur une si faible surface, quelle ne doit-elle pas être sur la terre entière !

Puisque la première expérience montre que l'air est très-léger, que la seconde prouve que l'air exerce sur la terre une énorme pression, nous ne pouvons les concilier qu'à la condition d'admettre que l'air recèle des couches extrêmement profondes. Sont-elles indéfinies? Vont-elles baigner les autres astres, la lune, le soleil? Non messieurs. Si nous pesions de l'air sur le Mont-Blanc, nous trouverions que son poids est moindre que celui que nous venons de constater; si nous répétions cette expérience à une hauteur plus grande, à 7000 ou 8000 mètres, en ballon, ce poids serait encore plus faible. Par suite, il y a moins de particules aériennes dans l'air à mesure qu'on s'éloigne de la terre, ou bien — pour parler le langage scientifique — la *densité* de l'air diminue à mesure qu'on s'élève. Or les physiciens ont calculé qu'à une hauteur de 15 à 16 lieues, la densité de l'air est nulle ou à peu près nulle; en conséquence, il y a sur notre tête 60 à 64 kilomètres d'air en hauteur. Cette masse d'air se nomme l'atmosphère, mot qui veut dire : *sphère de vapeur.*

La découverte de la pesanteur de l'air date de la fin de cette époque célèbre connue sous le nom aussi juste que gracieux de Renaissance, parce que les lettres et les arts y refleurirent avec un éclat incomparable, et elle fut opérée en 1630 par Galilée. Sa démonstration fut aussi simple que rigoureuse. Il prit le poids d'un ballon plein d'air (la machine pneumatique ne fut découverte que vingt ans plus tard), puis il y comprima de l'air. Il suspendit alors de nouveau le vase à la balance, et il constata que son poids avait augmenté. Ainsi, Galilée, avec une balance et un soufflet, détruisit l'échafaudage compliqué des hypothèses que les philosophes avaient entassées, et son expérience fut le point de départ de la physique. Vous pouvez donc considérer cette époque comme celle de la naissance des sciences d'observation.

Elle fut le prélude immédiat d'une autre découverte dont l'importance est capitale et qui date de 1643. A cette époque, on savait que si l'on fait le vide dans un tuyau plongeant dans un réservoir d'eau, l'eau s'élève dans ce tuyau. Mais

Digitized by Google

comme on voyait l'eau se précipiter dans le vide et qu'on n'en devinait pas la cause, on l'attribuait, comme Aristote, à une horreur instinctive de la nature pour le vide : *Natura abhorret a vacuo* (*la nature a horreur du vide*).

Un jour (fort heureusement, vous allez voir), le grand-duc de Florence eut la fantaisie princière alors, tout à fait bourgeoise aujourd'hui, de faire monter l'eau jusqu'aux étages supérieurs de son palais. Aussitôt une armée d'ouvriers se mit à l'œuvre, et bientôt des tuyaux furent placés jusque dans les combles de sa résidence. Quand tout fut prêt, on fit fonctionner les pompes ; tout d'abord réussit à souhait, l'eau s'éleva rapidement, mais bientôt l'ascension diminua, puis elle s'arrêta tout à fait quand on atteignit la hauteur de 32 pieds. On crut à des fuites, on vérifia les appareils, on recommença les essais à plusieurs reprises. Mais le résultat étant toujours aussi infructueux, il fallut bien y renoncer.

Les architectes, les ingénieurs, les académiciens de Florence furent consultés ; ils ne trouvèrent pas la solution, et il fallut admettre que la nature n'avait horreur du vide que jusqu'à 32 pieds. Le grand-duc ne vit que Galilée capable de rendre compte de cette décevante anomalie. Galilée fut appelé au palais ; l'illustre physicien pris à l'improviste ne trouva pas la solution, car sa réponse n'est pas une explication. « L'eau est pesante, dit-il, et c'est son poids qui s'oppose à l'élévation du liquide. »

Pourquoi, aurait-on pu lui répondre, s'élève-t-elle donc à 32 pieds?

Quoi qu'il en soit, la réponse satisfit le grand-duc. Mais il n'en fut pas de même d'un jeune homme qui étudiait les sciences à Rome : chacun de vous l'a nommé — c'est Torricelli, — il eut un éclair de génie. Si, dit-il, l'eau s'élève dans les tuyaux au-dessus du niveau du réservoir, c'est parce que l'atmosphère presse sur ce réservoir et force l'eau à se soulever à une hauteur qui lui fasse équilibre ; si l'eau s'arrête à 32 pieds, c'est parce que la pression atmosphérique équivaut à une colonne d'eau de 32 pieds.

Pour vérifier cette manière de voir, il fit le raisonnement suivant : Si c'est la colonne d'air qui soulève l'eau dans le vide, elle doit y soulever aussi les autres liquides, mais il est clair que la colonne de liquide soulevée sera d'autant plus basse que ce liquide sera plus lourd. Ainsi le mercure, étant 13 1/2 fois plus lourd que l'eau, ne s'élèvera dans le vide qu'à une hauteur 13 1/2 fois plus faible que 32 pieds, ce qui correspond à 28 pouces ou à 76 centimètres.

La conception était tout, son exécution n'était qu'un jeu. Torricelli remplit complétement de mercure un tube de verre dont la longueur était environ de 3 pieds ou d'un mètre, le boucha du doigt et le retourna sur le mercure.

Il eut alors la satisfaction de voir la colonne s'abaisser brusquement, osciller quelques instants, puis rester stationnaire à la hauteur de 28 pouces, comme il l'avait prédit. Le baromètre était découvert, car ce tube que nous venons de faire, à l'exemple de Torricelli, est un vrai baromètre, il ne resterait plus qu'à le graduer.

Une controverse s'engagea ; mille objections surgirent comme il en advient toujours lorsqu'une idée vient bouleverser une croyance établie de tout temps, et la découverte de Torricelli n'eût pas produit ses conséquences naturelles, fût peut-être restée une expérience curieuse et sans portée, si Pascal n'en avait eu connaissance.

Ce grand philosophe mit aussitôt son esprit inventif à la recherche de la vérité ; il se servit successivement d'eau, de vin, de liqueurs alcooliques, et il montra que les colonnes de liquide soulevées avaient une hauteur telle que leur pression équivalait à celle du mercure. Voici quelques-unes de ses expériences : l'une fut faite à Rouen dans un tube de 46 pieds de haut, et l'on vit, à l'admiration générale, le liquide rester suspendu à 32 pieds.

La seconde fut réalisée au pied et sur la plate-forme de la tour Saint-Jacques, et c'est en commémoration de ce fait qu'une statue a été élevée à Pascal sous le porche de ce gracieux reste du vieux Paris. Le monument a 50 mètres de haut ; la colonne mercurielle fut soulevée à deux lignes de moins sur son sommet qu'au pied.

La dernière, la plus célèbre, fut exécutée par Périer, le beau-frère de Pascal, au pied et sur la cime du puy de Dôme. On ne lira pas sans intérêt, je pense, les paroles que ce savant adressait à son beau-frère :

« J'ai imaginé une expérience qui pourra lever tous les doutes, si elle est exécutée avec justesse. Que l'on fasse l'expérience du vide plusieurs fois, en un même jour, avec le même vif-argent, au bas et au sommet de la montagne du Puy qui est auprès de notre ville de Clermont. Si, comme je le pense, la hauteur du vif-argent est moindre en haut qu'en bas, il s'ensuivra que la pesanteur et pression de l'air est la cause de cette suspension, puisque, bien certainement, il y a plus d'air qui pèse sur le pied de la montagne que sur son sommet, tandis qu'on ne saurait dire que la nature abhore le vide en un lieu plus qu'en l'autre. »

Le 19 septembre 1648, l'expérience fut réalisée au couvent des Minimes, au bas du mont ; le mercure se tint constamment à 26 pouces 3 lignes, tandis qu'au sommet sa hauteur fut trouvée de 23 pouces 2 lignes : « Ce qui ravit les opérateurs d'admiration et d'étonnement. »

Ces récits vous montrent, messieurs, que si la France n'a pas eu la gloire de découvrir le baromètre, elle eut l'honneur de faire triompher la vérité et de la répandre par l'organe d'un de ses plus grands génies.

Je n'ai pas l'intention de vous décrire les diverses espèces de baromètres. Je vous dirai seulement que le nom de baromètre vient de deux mots grecs qui veulent dire *mesure du poids*, cet appareil servant en effet à déterminer la pression de l'air.

La pression atmosphérique varie d'un lieu à un autre, et de plus elle éprouve des variations assez régulières avec l'époque de l'année et l'heure de la journée. En outre de ces oscillations qui n'intéressent guère que les météorologistes, il en est d'autres dont chacun se préoccupe parce qu'elles permettent de prévoir l'état de l'atmosphère quelque temps à l'avance. Il ne faut pas attacher trop d'importance à ces prédictions, car le baromètre indique seulement par sa hauteur la pression de l'air, et le beau et le mauvais temps peuvent tenir à d'autres causes qu'à la pression. Néanmoins, dans nos pays, le temps est à la pluie quand le baromètre est au-dessous de $0^m,758$, il est au beau lorsque la colonne s'élève au-dessus de $0^m,758$, et, enfin, il y a sensiblement autant de beaux que de vilains jours quand la colonne barométrique marque $0^m,758$. De là les indications de nos baromètres : au point $0^m,758$ correspond le variable ; au-dessus le beau, le beau fixe ; au-dessous, la pluie, la tempête. Mais il ne faut pas oublier que ces coïncidences sont purement locales.

Digitized by Google

Si, dans notre pays, l'abaissement du baromètre précède la pluie, c'est parce que le vent souffle du sud ou du sud-ouest et qu'il nous apporte à la fois de l'*air chaud* et *très-humide*; il est chaud parce qu'il vient de climats plus doux; il est humide parce qu'il a passé sur des mers, et qu'un gaz se charge d'autant plus d'humidité qu'il est plus chaud. Si pareillement, l'élévation du baromètre précède le beau temps, c'est parce que le vent souffle du nord ou de l'est, et qu'il nous apporte de l'air froid ou sec : cet air est froid en raison des régions desquelles il arrive; il est sec tant parce qu'il a passé sur des continents que parce que l'air se charge d'autant moins d'humidité qu'il est plus froid.

Le baromètre permet d'évaluer facilement en kilogrammes la pression de l'atmosphère. La colonne mercurielle a-t-elle aujourd'hui une hauteur de 76 centimètres, cela signifie que la pression de l'atmosphère sur 1 centimètre carré de surface est équivalente au poids d'une colonne de mercure dont le volume est de 76 centimètres, ce qui correspond à 1kil,033.

Eh bien! la superficie du corps d'un homme de taille moyenne est d'un mètre carré et demi, c'est-à-dire de 15 000 centimètres carrés; cela revient à dire que chacun de nous porte une charge de 15 500 kilogrammes.

Je vois à l'énoncé d'un pareil chiffre que vous être surpris de vous trouver de véritables hercules et que vous avez peine à croire que vous portiez aussi facilement, — car nous ne nous en apercevons même pas, — que vous portiez aussi facilement plus de 15 000 kilogrammes; rien n'est plus exact cependant. L'expérience des hémisphères de Magdebourg doit vous rendre confiants en mes paroles; quelques mots lèveront toute hésitation. Si nous ne sentons pas cette énorme pression, c'est parce qu'elle n'agit pas sur nous seulement de bas en haut; l'air nous entourant de tous côtés, sa pression se transmet sur notre corps dans tous les sens, et par suite ces pressions se neutralisent.

Ce raisonnement n'explique pas comment notre corps, si frêle, comment des membranes aussi minces que celle de nos yeux supportent un poids pareil sans s'affaisser. L'air pénètre librement et avec sa pression tout entière dans les cavités les plus profondes de notre corps; dès lors nous supportons du dedans au dehors la même charge que du dehors au dedans, et par suite ces poids s'équilibrent exactement. Le fait est trop important et l'on a trop de difficulté à le croire pour que je ne vous le montre pas au moyen d'une expérience. Rien n'est plus facile : Vous avez sous les yeux un vase fermé par une membrane; celle-ci résiste parfaitement à la pression atmosphérique parce que le vase est rempli d'air. Mais faisons-y le vide avec lenteur : vous voyez la peau s'aplatir peu à peu, la voilà profondément creusée, un instant encore et elle va éclater bruyamment, écrasée par la pression de l'atmosphère.

L'inverse arrive si l'on diminue la pression extérieure. Je pourrais vous le montrer en plaçant un oiseau dans le vide de la machine pneumatique; vous verriez son corps se gonfler, le sang en jaillir avec violence, et peu après cet animal périrait victime d'une sorte d'explosion inverse de la précédente. Mais je pense que beaucoup d'entre vous aimeront mieux me croire sur parole que d'assister à cette cruelle expérience, et je ne la réaliserai pas. D'ailleurs, il n'en est pas besoin; transportez-vous par la pensée au milieu d'une de ces chaudes journées d'été, au moment où l'orage se prépare; les membres se gonflent, la sueur perle à la peau. Ce malaise tient à la diminution de la pression atmosphérique; c'est donc à tort que l'on dit alors que le temps est lourd, c'est précisément le contraire qu'il faudrait dire. Ce fait est encore confirmé par les aéronautes et les voyageurs qui ont fait des ascensions à de grandes hauteurs. Quand on atteint des régions où l'air est notablement raréfié, les membres se gonflent et le sang s'échappe par le nez, par la bouche et par les oreilles.

Ainsi, messieurs, pas de doute, tous ces faits montrent que nous sommes soumis à une très-forte pression, et qu'il est tout naturel que nous ne nous en apercevions pas. C'est ce qui arrivait à ces fameux philosophes qui ont fait tant de subtils raisonnements pour prouver la spiritualité de l'air. S'ils revenaient aujourd'hui sur la terre, nous pourrions leur prouver l'inanité de leur savoir; mais soyons modestes, car dans cent ans, on pourra sur une foule d'autres points en dire tout autant de nous.

La machine pneumatique qui vient de nous rendre de si nombreux services, va nous servir encore à constater deux propriétés de l'air d'une importance considérable. La première est la *force élastique* des gaz, et l'on peut l'énoncer ainsi : L'air et les gaz tendent à prendre un volume de plus en plus grand, et par suite, ils exercent sur les parois des vases dans lesquels ils sont renfermés une pression analogue à celle qu'un ressort opère sur l'objet contre lequel il est appliqué. Voici une cloche renfermant une vessie presque dégonflée : il est clair que si nous faisons le vide dans cette cloche, nous n'enlèverons pas en même temps l'air qui reste dans la vessie, puisqu'elle est munie d'un robinet et que ce robinet est fermé. On commence à faire le vide, — la vessie se distend, — on continue, — elle se gonfle de plus en plus, — la voilà qui remplit toute la capacité de la cloche.

Avant l'expérience la vessie restait immobile, parce qu'elle était soumise des deux côtés à une égale pression. Puisque après avoir enlevé l'air extérieur, la vessie se gonfle, il faut bien en conclure que le gaz intérieur tend à se dilater, à presser les parois de sa prison, et, en général, que les gaz sont élastiques, semblables à des ressorts. Faisons rentrer l'air, la vessie diminue peu à peu et reprend sa capacité première.

Les effets mécaniques que les gaz réalisent en vertu de cette propriété sont très-considérables, et personne de vous n'ignore que c'est la force élastique de la vapeur d'eau qui fait marcher les machines de nos usines, qui pousse le bateau à vapeur sur l'eau, qui entraîne la locomotive sur les chemins de fer.

La seconde expérience dont je vous parlais a trait à la transmission des sons dans la nature. M. Lissajous vous a démontré que le son exige pour se communiquer l'existence d'un milieu pondérable. Je vais vous prouver par cette expérience que c'est à l'air qu'est dévolu sur la terre le rôle d'agent de transmission des sons.

Dans ce ballon est une sonnerie, vous voyez le marteau battre sur le timbre, aussi le son arrive-t-il à vos oreilles. Faisons le vide; le marteau frappe tout aussi fort, tout aussi vite, le son est cependant moins intense; continuons, le marteau bat toujours mais le son a cessé. Si maintenant nous faisons rentrer l'air dans le vase, le bruit renaît peu à peu, et quand l'air aura repris sa densité première, le son aura recouvré son intensité primitive.

Les récits des voyageurs confirment cette expérience; plus on s'élève dans les montagnes, plus le son perd de sa force,

Digitized by Google

parce que l'air devient de plus en plus rare. Th. de Saussure ayant tiré un coup de pistolet sur le Mont-Blanc, entendit un bruit analogue à celui que produit la rupture d'un bâton. D'après Gay-Lussac et Biot, le bruit d'un coup de pistolet à 6000 mètres d'élévation est semblable à celui du claquement d'un fouet.

Dès lors, messieurs, si l'atmosphère s'anéantissait soudain, nos oreilles deviendraient tout à fait inutiles, car nous n'entendrions plus les sons. Nous serions également sans voix, car le son de la voix est produit par le passage de l'air entre les deux lèvres d'une fente ovale nommée la glotte, qui est à l'entrée de la trachée-artère.

Quand nous causons, c'est donc l'air qui produit le son, qui le porte à notre interlocuteur, et c'est encore lui qui se charge de la réponse. Est-il un mécanisme plus simple et plus admirable à la fois? Avez-vous réfléchi aux puissants effets qu'un peu d'air agité dans le fond de la gorge humaine enfante? Une idée naît, on ne sait où, quelque part dans notre être. L'air s'en empare, l'exprime par des mots ou par des notes; les mots forment des discours qui nous enflamment ou nous touchent, les notes forment des chants, des airs qui nous attendrissent ou nous ravissent; et par conséquent, sans ce peu d'air agité, il n'y aurait ni éloquence ni musique, sans ce peu d'air agité, nous serions privés des plus douces satisfactions de la vie. En résumé, ce sont quelques bulles d'air qui touchent les cœurs, qui déchaînent les passions, qui gouvernent le monde.

L'air n'est pas nécessaire à la transmission de la lumière et de la chaleur sur la terre comme à la communication des sons. Néanmoins, il exerce sur la distribution de ces agents une influence profonde.

Nous serions rapidement aveuglés si les ténèbres de la nuit faisaient place tout à coup à l'éclat éblouissant du jour. Or s'il n'en est pas ainsi dans la nature, c'est à l'atmosphère que nous en sommes redevables, car l'air dévie, recourbe, ou — pour employer le terme scientifique, — réfracte les rayons, de sorte que le jour se lève peu à peu, avant que le soleil ne paraisse, de sorte que la nuit arrive à pas lents, et quelque temps après le coucher du soleil.

Quand le soleil se montre radieux à l'horizon, l'air ne devient pas inactif, mais pour vous faire comprendre ses nouveaux bienfaits, je dois vous parler d'abord de la couleur de l'air. On admet, en général, qu'il est sans couleur; c'est une erreur; l'air a une teinte bleue, mais elle est si faible, qu'on ne s'en rend compte qu'à condition de regarder un objet très-éloigné, c'est-à-dire à travers des couches d'air très-profondes. C'est à cette teinte de l'atmosphère qu'est due l'apparence bleuâtre des montagnes très-éloignées, la nuance bleue du firmament, et cette voûte azurée, tant chantée par les poëtes, à laquelle leur imagination suspend, comme autant de lustres, le soleil et les astres, cette voûte azurée n'est qu'une illusion.

Si des couches profondes d'une atmosphère bleuâtre n'étaient pas interposées entre la terre et le soleil, l'ardeur de ses rayons blesserait notre vue; d'où vous conclurez que lorsque les personnes dont la vue est affaiblie emploient des verres bleus elles ne font qu'imiter la nature.

En outre, l'air réfléchit les rayons dans tous les sens, et fait pénétrer la lumière dans les lieux les plus retirés; sans lui, la lumière s'arrêterait brusquement aux angles des murailles, aux flancs des collines, aux escarpements des rochers; sans lui nous serions dans les ténèbres quand nous ne regarderions pas l'astre ou les objets qu'il éclaire directement.

L'atmosphère n'est pas seulement un voile qui tamise la lumière, c'est encore un écran qui nous préserve de la trop grande chaleur envoyée par le soleil, en saisissant au passage une partie de ses rayons. Cette chaleur, ainsi arrêtée, tourne encore à notre profit; une partie est déviée, emportée par le vent, et va répandre une chaleur vivifiante dans les localités qui ne reçoivent pas les rayons; l'autre est emmagasinée par l'atmosphère, et sera partagée le soir et la nuit avec la terre, ce qui nous empêchera d'être saisis par de trop brusques changements de température.

Enfin, si l'air n'existait pas, les rayons qui viendraient frapper la terre seraient immédiatement réfléchis vers les espaces célestes, et un froid excessif envahirait notre planète. On en juge déjà par ce qui se passe dans les régions élevées où l'homme a pu pénétrer. Sur les hautes montagnes règnent des neiges perpétuelles; quand Gay-Lussac fit, en 1804, sa dernière ascension, il partit par une température de 27 degrés, et quelques instants après, à 7000 mètres d'élévation, le thermomètre indiquait 9 degrés au-dessous de zéro. Si tel est l'abaissement de température pour 7 kilomètres, quel doit-il être pour 64 kilomètres? On ne peut l'évaluer d'une façon précise, mais il est certain que la température n'y est pas supérieure à 50 degrés au-dessous de zéro.

Nous avons terminé notre première étape. Avant de reprendre notre route, faisons halte un instant et jetons un regard sur le chemin parcouru : L'air et les autres gaz sont matériels et pesants, le baromètre sert à mesurer ce poids. L'air et les gaz sont de véritables ressorts; la force élastique dont ils jouissent est considérable, et celle de la vapeur d'eau règne en maîtresse dans l'industrie.

Si l'atmosphère disparaissait soudain, trois affreux malheurs en seraient la suite inévitable. La terre serait plongée dans un éternel silence. Nous serions tantôt dans une nuit profonde, tantôt dans un jour éblouissant, et ce passage serait instantané. Enfin, la terre serait envahie par un froid tel que l'eau, que le mercure, se solidifieraient et deviendraient durs comme le rocher.

A coup sûr, dans ces conditions, notre séjour ici-bas ne serait pas digne d'envie. Néanmoins, vous avez présents à l'esprit ces vers que la Fontaine met dans la bouche du malheureux s'adressant à la Mort :

> . . . . . Qu'on me rende impotent,
> Cul-de-jatte, goutteux, manchot, pourvu qu'en somme
> Je vive, c'est assez, je suis plus que content.

Et alors, peut-être nous habituerions-nous à vivre sans parler et sans entendre, — bien des sourds-muets sont dans ce cas, — peut-être résisterions-nous à ces contrastes heurtés de lumière, à ces froids excessifs, si nous avions les moyens artificiels d'éclairage et de chauffage dont nous jouissons aujourd'hui. Or nous allons voir que, sans l'atmosphère, nous ne pourrions ni nous éclairer ni nous chauffer et, qui plus est, que sans air, toute vie animale et toute végétation cesseraient à l'instant dans la nature. Mais, pour être clair, je vous demanderai la permission de vous rappeler d'une façon générale la constitution de l'air atmosphérique.

L'air est essentiellement formé de deux gaz: l'un, que j'appellerai son principe actif, joue un rôle immense dans la nature, car il est à la fois l'aliment du feu et l'aliment de la vie : nous donnons à ce gaz le nom savant d'oxygène; nos

Digitized by Google

pères qui le découvrirent l'appelaient d'une façon aussi poétique que juste, l'*air du feu*, l'*air de la vie*. L'autre gaz tempère par son inactivité l'ardeur du premier; il n'entretient ni la combustion ni la vie: de là le nom d'azote sous lequel on le désigne.

L'aspect extérieur de ces gaz est tout à fait le même que celui de l'air. A coup sûr, ni vous ni le chimiste le plus habile ne pourraient dire que ces trois vases, vides en apparence, contiennent en réalité un corps différent. L'expérience la plus simple, l'introduction d'un corps enflammé dans ces vases que nous appelons *éprouvettes* va vous montrer que je n'exagère rien.

Dans cette première éprouvette, l'allumette continue à brûler tranquillement : c'est de l'air.

Dans la seconde, le corps allumé s'embrase avec violence, et même, si je souffle sur cette allumette, en y laissant quelques points incandescents, elle se rallume avec une énergie telle que vous devinez le gaz que l'on a désigné dans l'origine sous le nom d'*air du feu*.

Enfin l'allumette, quelque embrasée qu'elle soit, s'éteindra dans ce dernier vase. Si j'y plongeais un oiseau ou tout autre animal, il serait rapidement asphyxié. Son nom peint donc parfaitement sa propriété la plus saillante.

L'air, disais-je il y a un instant, est formé d'oxygène et d'azote; j'ajouterai maintenant quelque chose de plus : l'air est un mélange d'un volume d'oxygène et de quatre volumes d'azote. Voici une éprouvette contenant de l'oxygène, dans cette autre, qui est quatre fois plus grande, est de l'azote ; je réunis ces deux gaz dans une troisième éprouvette, et je dis que j'ai fait de l'air ordinaire, de l'air tout à fait semblable à celui qui nous entoure. En effet, une bougie y brûle avec tranquillité; un animal y vivrait parfaitement.

Ce fait est bien simple. Il semble dès lors qu'on ait dû le connaître depuis longtemps. On se tromperait étrangement de le croire, et ce que nous avons dit plus haut sur les idées erronées qui avaient cours sur l'air et les autres gaz explique la longue ignorance des hommes sur ce point capital. Aristote avait admis, quatre cents ans avant notre ère, que l'air est un élément. Les plus illustres savants de la Grèce, de Rome, du moyen âge, de la Renaissance, répétèrent d'après lui que l'air est un élément, un corps simple, et il faut arriver à la fin du siècle dernier, à l'année 1775, pour rencontrer un génie qui déchira le voile épais couvrant cette vérité fondamentale.

Ce génie, vous le connaissez tous ; il était Français : c'est Lavoisier.

En 1674, cependant, un jeune chimiste anglais, J. Mayow, pressentit, plutôt qu'il ne le démontra, que l'air se compose d'une matière apte à entretenir la combustion et la vie, et d'une autre impropre à produire ces effets. Mais, comme dit l'Écriture, « la terre n'était pas prête à recevoir cette semence », J. Mayow mourut à trente-trois ans, sans qu'on ait même fait attention à lui; il mourut, et le traité dans lequel il devançait de cent ans ses contemporains, disparut, oublié dans la poussière des bibliothèques. Aujourd'hui, combien y en a-t-il qui connaissent seulement son nom !

Cependant les temps étaient proches; un siècle après, trois hommes éminents, Scheele, Priestley, Lavoisier, étudiaient la nature de l'air. Tous trois travaillaient à l'insu des deux autres, car ils habitaient des pays différents, Scheele la Suède, Priestley l'Angleterre, Lavoisier la France. L'heure de leur naissance, la nature de leurs travaux, une fin malheureuse furent des points communs aux uns et aux autres. Mais leur position fut fort différente. Scheele était un modeste pharmacien d'une petite ville de Suède nommée Kœping; il cherchait le calme et la solitude, il refusa les honneurs quand les honneurs vinrent au-devant de lui, et ils ne se présentèrent que d'une façon tardive. M. Dumas raconte, en effet, l'anecdote suivante dans ses leçons de philosophie chimique.

« Le roi de Suède dans un voyage hors de ses États, entendant sans cesse parler de Scheele comme d'un homme des plus éminents, fut peiné de n'avoir rien fait pour lui. Il crut nécessaire à sa propre gloire de donner une marque d'estime à un homme qui illustrait ainsi son pays, et il s'empressa de le faire inscrire sur la liste des chevaliers de ses ordres. Le ministre chargé de lui conférer ce titre demeura stupéfait. Scheele! Scheele! C'est singulier, dit-il. L'ordre était clair, positif, pressant, et Scheele fut fait chevalier; mais, vous le devinez, ce ne fut pas Scheele, l'illustre chimiste, ce ne fut pas Scheele, l'honneur de la Suède, ce fut un autre Scheele qui se vit l'objet de cette faveur inattendue. »

Scheele mourut dans sa pharmacie le 22 mai 1786, à l'âge de quarante-quatre ans.

Le second, Priestley, se voua à l'étude de la théologie, de la littérature et des langues. Après avoir échoué dans le ministère public, il devint professeur et chapelain de lord Shelburne, qu'il quitta bientôt pour se lancer dans les luttes théologiques, et il composa près d'une centaine de volumes sur ces sujets. En 1791, il habitait Birmingham; le peuple, ameuté contre lui, brisa ses instruments, lacéra ses manuscrits, réduisit sa maison en cendres. En 1794, il était à peu près forcé de s'embarquer pour le nouveau monde, et, en 1804, il mourait parmi les sauvages, au fond d'une province retirée des États-Unis.

Le troisième, le père de la chimie, notre grand Lavoisier, fut nommé fermier général en 1771. Possesseur d'une grande fortune, il en faisait le plus noble usage, non-seulement en en consacrant une grande part à ses recherches, mais encore en aidant les savants et les artistes malheureux.

Outre ses travaux de chimie qui sont le point de départ de la science et qui sont entièrement restés debout, dont les principaux sont, l'explication de la combustion et de la respiration, il a laissé sur la physique, sur l'agriculture, sur l'économie politique, des mémoires de la plus grande importance.

En 1794, un ancien commis de son beau-père porta devant la Convention un acte d'accusation contre tous les fermiers généraux. Peu de jours après, il comparaissait devant le tribunal révolutionnaire, et, le 8 mai 1794, sa tête roulait sur l'échafaud avec celles de ses anciens collègues.

Ces trois savants arrivèrent à retirer de l'air plus d'un principe, mais les deux premiers, aveuglés par une théorie, dont M. Wurtz vous a fait l'histoire, la théorie du phlogistique, ne virent pas la lumière qui résultait de leurs travaux. Lavoisier seul renversa la théorie du phlogistique, donna la véritable constitution de l'air, et l'explication de la combustion et de la respiration.

L'ignorance sur ces points fondamentaux était tellement profonde, que quelques années avant les expériences de Lavoisier, Voltaire, à qui les études philosophiques et litté-

Digitized by Google

raires ne firent pas dédaigner le culte des sciences, Voltaire écrivait :

« J'ai renoncé à la physique parce qu'un jour en soufflant mon feu, je me suis mis à songer pourquoi le bois brûlait, et que personne ne peut me le dire. Il n'y a point d'expérience qui approche de celle-là. »

Lavoisier dut ces immenses découvertes à l'emploi de la balance. Si vous vous reportez à ce que je vous disais en commençant sur l'origine de la physique, vous en conclurez que c'est l'emploi de cet instrument qui a fait sortir ces deux sciences des limbes où elles étaient depuis tant de siècles, et que c'est grâce à la balance que la lumière est venue remplacer dans les sciences d'observation, le doute et la contradiction. Voyons alors, en ce qu'elle a d'essentiel, la théorie de Lavoisier, c'est-à-dire la théorie vraie de la combustion et de la respiration.

L'oxygène possède entre autres propriétés celle de s'unir directement, de se combiner, — pour employer le terme savant, — au charbon.

Voici un vase rempli d'oxygène. Comme il est important que vous n'ayez aucun doute sur ce point, j'y plonge une allumette; à l'ardeur de sa combustion, vous reconnaissez ce gaz. J'y introduis un morceau de charbon à peine embrasé : sa combustion s'active, s'étend, envahit toute sa masse. Il va disparaître après avoir jeté un vif éclat, après avoir répandu une quantité considérable de chaleur.

Qu'est devenu ce charbon ? Sa substance s'est-elle annihilée, anéantie ? Nullement : Lavoisier l'a dit lui-même : « *Rien ne se perd, rien ne se crée dans la nature : il ne s'y passe que des transformations.* » Le charbon a disparu, il est vrai, mais il s'est changé en un produit gazeux qui est invisible dans ce vase, comme l'air est invisible dans l'atmosphère, en un produit gazeux renfermant à la fois le charbon brûlé et l'oxygène qui l'a brûlé. La preuve en est bien facile à fournir, car ce gaz possède un caractère très-net que je vous prie de graver dans votre mémoire parce que nous aurons occasion de l'appliquer bientôt. Chacun de vous connaît la chaux, c'est la matière avec laquelle on fait les mortiers; la chaux se dissout dans l'eau et donne un liquide clair qu'on nomme *eau de chaux*. Cette matière fournit un moyen aussi rapide que commode de reconnaître l'acide carbonique : quand on agite ce gaz avec de l'eau de chaux, la liqueur se trouble aussitôt, et l'absorption est telle que l'éprouvette s'attache fortement à la main. L'oxygène, l'azote, laisseraient ce liquide parfaitement limpide.

Permettez-moi de vous rappeler un second fait tout à fait analogue au précédent. Il est un corps qui ne ressemble pas au charbon par son état physique, car il est gazeux, mais qui lui ressemble parfaitement par ses caractères intérieurs, c'est l'hydrogène. Il est combustible, comme le charbon, jugez-en vous-mêmes ; j'approche une allumette enflammée de l'ouverture de cette éprouvette pleine d'hydrogène; ce gaz prend feu, et le produit de sa combustion est l'eau, comme l'acide carbonique est le résultat de la combustion du charbon.

Ces deux faits étant bien gravés dans votre esprit, la théorie de la combustion et de la respiration ne vous présentera nulle difficulté.

Examinons d'abord la combustion. Le bois, la houille, la bougie, le gaz d'éclairage sont essentiellement formés de charbon et d'hydrogène, et, par conséquent, ils fournissent en brûlant de l'acide carbonique et de l'eau. L'expérience suivante va vous le montrer d'une manière non douteuse : Voici une cloche sous laquelle brûle une bougie et, d'autre part, une éprouvette contenant de l'eau de chaux. Nous réunissons ces deux appareils et nous forçons les produits brûlés par la la bougie à passer dans ce liquide. Le résultat est manifeste. L'eau de chaux était, il y a un moment, limpide comme l'eau la plus pure, la voilà maintenant trouble et blanche comme du lait; la voilà remplie de ce carbonate de chaux qui est l'indice de la production de l'acide carbonique. Veuillez remarquer aussi que les parois de ces vases sont recouverts intérieurement d'un nuage épais qui est de l'eau condensée.

Examinons maintenant la respiration. Le pain, les légumes, les fruits, les aliments en un mot, ont une composition analogue à celle du bois, de la bougie; ils sont comme eux carbonés et hydrogénés. Voici un appareil semblable au précédent avec une seule différence, la bougie est remplacée par un petit animal. Nous dirigeons les produits de sa respiration dans de l'eau de chaux; elle se trouble aussitôt, de plus, les vases se recouvrent de gouttelettes d'eau, ce qui vous prouve qu'il se forme encore dans ce phénomène de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

Eh bien, messieurs, que conclurez-vous de ces deux expériences parallèles? Que la respiration de l'homme et des animaux est un acte tout à fait analogue aux combustions par lesquelles nous nous chauffons et nous nous éclairons.

La respiration est le résultat de la combinaison de l'élément actif de l'air, de l'oxygène avec le carbone et l'hydrogène des aliments, comme la combustion est le résultat de l'union de ce même oxygène avec le carbone et l'hydrogène de la bougie, du bois et des autres combustibles. La respiration se déclare sous l'influence de la vie, tandis que la combustion proprement dite a lieu sous l'influence d'une chaleur intense. L'un et l'autre de ces actes ont pour effet une production de chaleur; c'est la chaleur dégagée par la respiration qui entretient notre corps à une température de 37 degrés nécessaire au maintien de la vie.

En résumé, tout animal est un foyer, tout aliment un combustible.

La respiration ne s'accompagne pas comme la combustion de lueurs, d'incandescence, mais ce fait montre seulement que c'est une combustion moins active que l'autre, et c'est ce que nous exprimons en disant que c'est une combustion lente. Toute lente qu'elle est, elle équivaut cependant à la combustion d'une assez forte dose de charbon. Un homme brûle 10 à 12 grammes de carbone par heure, ce qui fait 250 grammes environ par vingt-quatre heures.

Où s'opère cette combustion ? Dans les vaisseaux sanguins répandus par tout notre corps. En voulez-vous la preuve? Si l'on tire du sang des veines du bras, de la jambe, on y trouve de l'acide carbonique. Que devient cet acide carbonique? Le sang le ramène aux poumons; là il s'échappe de ce liquide, qui prend en sa place de l'air nouveau, et il est exhalé dans l'air par les voies respiratoires.

En doutez-vous? Voici de l'eau de chaux bien limpide, on va y souffler de l'air venant des poumons; aussitôt elle se trouble abondamment. Voilà d'autre part un grand vase dans lequel nous avons mis de l'eau de chaux il y a quelques instants; non-seulement elle s'est troublée, mais encore elle s'est recouverte d'une croûte épaisse de carbonate de chaux

Digitized by Google

dont l'acide carbonique a été formé par notre respiration et par la combustion du gaz qui nous éclaire.

L'air dans lequel la combustion et la vie ont eu lieu devient impropre à produire ces effets. Voici une cloche remplie d'air, nous y plaçons des bougies allumées : l'oxygène de cet air est absorbé, car vous voyez l'eau monter dans ce vase. La lumière des bougies s'affaiblit, pâlit, voilà les bougies éteintes. Si nous remplacions ces bougies par des animaux, le même phénomène aurait lieu, bientôt leur respiration serait gênée, et peu après ils tomberaient asphyxiés par les produits de leur respiration.

Ainsi, messieurs, le fait n'est pas douteux, l'oxygène est le principe de la combustion et de la vie; si l'on fait brûler des bougies, si l'on fait respirer des animaux dans un volume d'air restreint, la combustion et la vie s'éteignent bientôt dans les produits exhalés par ces réactions. Si je n'étais pas pressé par le temps, je vous signalerais les résultats curieux obtenus par M. le Blanc dans un travail aussi intéressant qu'exact sur l'air confiné. Je ne le puis malheureusement, et je me contenterai de vous dire que le malaise que l'on éprouve dans les longues soirées de l'hiver, lorsqu'on s'enferme trop hermétiquement dans une chambre petite avec du feu et de la lumière tient au renouvellement insuffisant de l'air, et qu'il est urgent d'aérer nos appartements pour que le feu et la vie ne s'y éteignent pas.

Une objection se présente ici. Cet effet méphitique de l'air qui a servi à produire la vie et la combustion est-il dû à l'azote seul, car nous avons montré qu'il occupe les 4/5 de l'air et qu'il est méphitique par lui-même; ou bien l'acide carbonique partage-t-il avec lui ces fâcheuses propriétés ?

L'expérience va vous répondre qu'il est tout à fait aussi insalubre que l'azote. Personne de vous n'ignore que le gaz qui s'échappe en pétillant de l'eau de Seltz, des vins mousseux, est l'acide carbonique ; d'ailleurs si vous en doutiez, le trouble qui se forme quand on verse de l'eau de chaux dans l'eau gazeuse vous en fournirait la preuve convaincante.

Nous avons mis un siphon d'eau de Seltz en communication avec le fond d'un vase où est placé un oiseau. Cet animal vit à merveille dans ce vase parce que l'air s'y renouvelle. Nous allons faire arriver au-dessous de la planchette sur laquelle il est appuyé quelques gouttes d'eau gazeuse. Il va bientôt éprouver un malaise, et si je ne me hâtais pas de le retirer, il serait rapidement asphyxié.

Donc l'acide carbonique n'entretient pas mieux la vie que l'azote, et les produits de la respiration et de la combustion asphyxient à un double titre.

L'acide carbonique exerce une action directe et délétère sur les nerfs et le cerveau; de là les effets anesthésiques qu'il peut produire, et que l'on a pu observer bien souvent dans la grotte du Chien à Pouzzoles, près de Naples. Le gardien a un chien dont il lie les pattes pour l'empêcher de fuir et qu'il dépose au milieu de la grotte. L'animal manifeste une vive anxiété, se débat et paraît bientôt expirant; son maître l'emporte alors au dehors et l'expose au grand air. Peu à peu l'animal revient à la vie, et l'un de ces chiens a fait ce service pendant plus de trois ans. Il est à peu près prouvé aujourd'hui que les convulsions des pythies chargées de faire connaître les décrets des dieux étaient produites par les prêtres au moyen du gaz carbonique.

L'instantanéité de l'action méphitique du gaz carbonique sur l'oiseau que nous avons soumis tout à l'heure à son action tient à une propriété curieuse de ce gaz, à son poids considérable, à sa grande densité; il s'est concentré dans les régions inférieures où nous avions placé l'oiseau. Cette propriété de l'acide carbonique jouant un rôle important dans la nature, je vous demanderai la permission de vous la démontrer par l'expérience.

Voici un vase semblable à celui où était l'oiseau; j'y fais arriver un peu d'eau de Seltz, puis j'y introduis deux bougies Celle du bas s'éteint immédiatement tandis que celle du haut continue à brûler.

Cette grande densité de l'acide carbonique permet de le transvaser dans l'air, comme on y vide de l'eau ou un liquide quelconque. Je tiens à la main une éprouvette pleine d'acide carbonique, le gaz s'y conserve parce que son ouverture est dirigée vers le haut; mais, si je l'incline, le gaz s'en écoule, car une bougie placée au-dessous s'éteint aussitôt. Une dernière expérience va rendre plus manifeste encore ce poids considérable de l'acide carbonique. Voici un grand vase renfermant de l'acide carbonique; nous allons y faire arriver d'une certaine hauteur des bulles de savon. Chacun de nous en a fait dans sa jeunesse, et sait par sa propre expérience qu'elles tombent dans l'air. Veuillez suivre celle-ci des yeux; elle descend, mais arrivée aux confins de l'acide carbonique, elle oscille, puis elle s'arrête à la frontière. Le douanier est le poids du gaz acide carbonique.

Si j'ai tant insisté sur cette densité considérable, c'est, vous ai-je dit, parce que cette propriété joue un certain rôle dans la nature. En effet, ce gaz s'échappe souvent par intermittence ou d'une manière permanente du sol des terrains volcaniques ou des terrains calcaires. Je vous citais tout à l'heure la grotte du Chien, près de Pouzzoles, mais il n'est pas besoin d'aller aussi loin; il y a près de Paris, à Montrouge, et dans les environs, des carrières abandonnées, des caves mêmes qui se remplissent à certaines époques de ce gaz méphitique

Il existe sur les bords du lac Laacher près du Rhin, et près d'Aigueperse en Auvergne, deux sources d'acide carbonique d'une abondance telle qu'elles produisent des accidents en pleine campagne. Le gaz sort de petits enfoncements de terrain sur les bords desquels la végétation est très-belle : les insectes, les petits animaux attirés par la richesse de la verdure viennent s'y mettre à couvert et tombent asphyxiés; leurs cadavres attirent les oiseaux, qui périssent également. Enfin arrivent des bergers du voisinage qui, connaissant le danger, retirent de loin ces animaux et font ainsi sans frais une chasse souvent fructueuse.

Au moyen âge, les accidents que ce gaz amène dans les caves, dans les mines, dans les puits même, avaient donné naissance aux fables les plus extravagantes. Ces localités étaient, disait-on, hantées par des démons, des gnomes, ou par des génies, gardant des trésors souterrains, dont le regard seul produisait la mort, car c'était en vain qu'on cherchait des lésions, des plaies, des marques quelconques sur les malheureux frappés d'une manière aussi soudaine.

Ainsi, messieurs, pas de doute : la combustion et la respiration vicient l'atmosphère en détruisant son principe salubre, l'oxygène, et en le remplaçant par un gaz méphitique, l'acide carbonique, et d'autres causes déversent encore d'une façon permanente ce produit insalubre dans les couches d'air que nous habitons.

Énumérons ces causes et rendons-nous compte de l'étendue

Digitized by Google

de ce mal. La race humaine enlève à l'air, chaque année, 160 milliards de mètres cubes d'oxygène et les remplace par le même volume d'acide carbonique. La respiration des animaux quadruple ce résultat. La houille seule qu'on retire du sol fournit environ cent milliards de mètres cubes d'acide carbonique, et les autres combustibles augmentent considérablement ce nombre. Ce chiffre, déjà prodigieux, n'est pas le total définitif : la fumure des terres, la décomposition des végétaux et des animaux après leur mort déversent dans l'atmosphère des quantités considérables d'acide carbonique empesté par des produits plus dangereux encore. Enfin ces doses sont relativement faibles, si on les compare aux torrents d'acide carbonique qui sont jetés dans l'air par les volcans et les exhalaisons des terrains calcaires.

Ce total n'est pas rassurant : or, quand on réfléchit que le monde est bien vieux déjà, on est amené à craindre que l'acide carbonique ne se soit accumulé en quantités considérables dans l'atmosphère où nous puisons la vie, et que nous-mêmes ou nos petits-enfants nous n'ayons le sort funeste de l'oiseau que nous avons immergé dans l'acide carbonique.

Les savants de ce siècle se sont, croyez-le bien, préoccupés de déterminer la quantité d'acide carbonique qui est dans l'air. Eh bien, rassurez-vous : il est trouvé, chose aussi singulière qu'heureuse ! que ce gaz ne s'y rencontre que dans la très-minime proportion de 4 à 5 litres pour 10.000 litres.

Pour qu'il puisse en être ainsi, il faut évidemment qu'il y ait dans la nature des causes inverses des précédentes qui enlèvent l'acide carbonique de l'air et qui lui rendent l'oxygène dont il a été dépossédé. Ces causes existent en effet, et c'est grâce à elles que l'harmonie, l'ordre le plus parfait, subsistent à la surface de la terre. Ces causes sont nombreuses; je ne vous entretiendrai que des deux principales.

L'acide carbonique est soluble dans l'eau, témoin l'eau de Seltz. La pluie dissout ce gaz en traversant l'air et l'entraîne dans les ruisseaux, puis dans les fleuves et enfin dans les mers. Là, ce gaz carbonique s'unit à la chaux, il en résulte du carbonate de chaux qui s'accumule au fond des eaux; les pierres calcaires, les marbres, l'albâtre, l'onyx, en sont formés. Ce carbonate de chaux pénètre aussi dans une foule d'animaux pour former leur coquille, car l'analyse montre que les coquillages, que les polypiers, sont composés presque en totalité par du carbonate de chaux. Pour vous donner une idée de l'immense quantité d'acide carbonique qui est ainsi matérialisé par son union avec la chaux, je me contenterai de vous rappeler que dans la mer, les madrépores, les polypiers s'agglomèrent en masses considérables qui, après avoir formé des brisants, des récifs, produisent ensuite des îlots, des îles, et enfin des contrées entières : les îles si nombreuses de l'Océanie n'ont pas d'autre origine. Afin de ne pas laisser de doute dans vos esprits sur ce point, j'ai relevé le rapport suivant, que l'amirauté anglaise fit afficher en 1858 :

« Le passage à travers le détroit de Torrez (entre la Nouvelle-Guinée et la Nouvelle-Hollande) se remplit rapidement de coraux. Le danger qui en provient rend le passage presque impossible aux navires de fort tonnage.

» Ce détroit a 150 kilomètres de long. Il n'a plus aujourd'hui que 5 kilomètres de large en certains endroits.

» En 1606, on n'y trouvait que 26 îlots. En 1858, il y en avait 160.

» Le calcul montre que si le développement des madrépores continue, le passage sera comblé dans vingt ans, c'est-à-dire dans treize ans à partir de cette année. »

Un navire naufragé au golfe Persique était couvert, six mois après, d'une couche de 60 centimètres de polypiers.

Cette cause de minéralisation d'acide carbonique est loin d'être la seule, d'être surtout la plus importante qui intervienne pour débarrasser l'air des quantités considérables d'acide carbonique, dont nous venons de voir l'origine. L'expérience suivante va vous donner la clef d'un acte que les végétaux exécutent autour de nous sur une échelle immense, d'un acte tout à fait inverse de la respiration des animaux et qu'on doit considérer comme le plus essentiel à la conservation de l'harmonie de la nature, car non-seulement il soustrait l'acide carbonique à l'air, mais encore il lui restitue l'oxygène.

Cette expérience est si curieuse et si simple que chacun de vous devrait la répéter par un beau soleil d'été; il vous suffira d'avoir une carafe, un pot à eau et de l'eau de Seltz.

Voici la carafe : nous l'avons remplie d'eau de Seltz coupée avec de l'eau, nous y avons introduit quelques tiges bien fraîches d'une plante aquatique, nous avons bouché la carafe avec la main, nous l'avons retournée dans ce vase plein d'eau, et enfin nous l'avons exposée aux pâles rayons de soleil que nous avons eus ces jours derniers. L'expérience a été longue par suite de ces circonstances, néanmoins elle a été couronnée de succès. Si vous la réalisez, vous verrez des bulles de gaz, grosses comme des têtes d'épingles, naître à la surface des feuilles, grossir peu à peu, puis monter à la surface du vase. C'est la lumière qui est la cause du phénomène, car si l'on porte les feuilles dans l'obscurité, ou si on les protége de la lumière par un écran, ce travail intérieur cesse pour renaître sous l'influence des rayons lumineux.

Quel est le gaz produit dans cette circonstance ? Vous allez prononcer vous-mêmes. J'y plonge une allumette ayant encore quelques points en ignition; à l'ardeur avec laquelle elle se rallume vous reconnaissez l'oxygène. L'expérience serait tout aussi concluante si l'on exposait des feuilles ordinaires dans une carafe pleine de gaz carbonique à l'action de la lumière solaire. Bientôt ce gaz aurait disparu et fait place à de l'oxygène.

Ainsi l'action est générale : les parties vertes des végétaux puisent l'acide carbonique dans l'air, et le décomposent sous l'influence de la lumière; elles rejettent l'oxygène qui retourne dans l'air d'où il provient, et elles fixent le charbon dans leurs tissus. Une feuille de nénuphar donne, en dix heures, quinze fois son volume d'oxygène.

Là ne s'arrête pas le rôle des végétaux; ils exercent sur l'eau une décomposition correspondante, fixent son hydrogène et restituent son oxygène à l'air.

Enfin nous ajouterons que les animaux émettent sans cesse à la surface du sol, et par suite dans l'air, une substance azotée, l'ammoniaque, enfin, qu'il se forme dans l'atmosphère, surtout pendant les orages, une quatrième matière nommée l'acide azotique, qui contient de l'azote, de l'oxygène et de l'hydrogène, et qui vous est plus connue sous le nom d'eau forte. Or, les végétaux ont encore la curieuse faculté de détruire ces composés azotés, de fixer l'azote et l'hydrogène dans leurs tissus et d'en chasser l'oxygène.

En conséquence, il est dans le jeu des forces naturelles un contre-poids à cette action fatale par laquelle les animaux

Digitized by Google

vicient l'air et préparent leur mort. Ce contre-poids est le phénomène qu'on appelle la respiration des végétaux.

Une question se présente naturellement sur vos lèvres : nous venons de voir que les végétaux rendaient l'oxygène à l'air, et qu'ils conservaient le carbone, l'hydrogène et l'azote qui proviennent de l'acide carbonique, de l'eau et des composés azotés dont ils ont débarrassé l'air. Que font-ils de ces matières ainsi emmagasinées? Ils en façonnent mille produits divers. La nature, en unissant 5 molécules de charbon et 4 molécules d'hydrogène, forme dans le citron et dans le sapin deux essences qui n'ont assurément pas la même odeur, et qui, chose curieuse, ont cependant la même composition. La nature ajoute souvent de l'oxygène à ces deux éléments; ainsi elle soude 12 molécules de charbon et 10 molécules d'hydrogène et d'oxygène, et elle forme à son gré, soit le principe des bois, la cellulose, soit le principe de la pomme de terre, la fécule. D'autres fois, son travail est plus complexe encore; elle réunit, associe les quatre éléments : charbon, hydrogène, oxygène, azote, et savez-vous ce qui en résulte? Les produits les plus différents, d'excellents aliments, le blé par exemple, des poisons très-actifs, tels que la strychnine.

Comment la nature fait-elle pour produire en silence ces merveilleuses synthèses, ces milliers de produits complexes? Je n'ose presque appeler votre attention sur ce point. Non-seulement nous ne savons pas l'imiter, mais encore nous n'avons pas la moindre idée de la manière dont elle opère, et nous disons que c'est sous l'influence d'une force nommée la *vie*, que ces merveilles se passent.

En conséquence, le règne végétal est une usine immense. Le moteur qui en fait marcher tous les rouages est la chaleur solaire.

Les matières premières ne sont qu'en très-petit nombre : l'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque, l'acide azotique, et quelques substances minérales.

Les produits fabriqués sont en nombre infini : c'est d'abord l'oxygène qui rentre dans l'atmosphère; ce sont ensuite les milliers de substances dont nous parlions tout à l'heure. Pour qui sont ces produits? Pour les animaux, pour l'homme.

Quel emploi les animaux font-ils de ces produits? Ils les détruisent, les brûlent, et les rendent à l'atmosphère à l'état d'acide carbonique, d'eau etc., c'est-à-dire sous les formes assimilables par les plantes. En effet, l'herbivore se nourrit de ces divers produits : une partie est brûlée par l'oxygène dans ses voies respiratoires, le reste forme la chair de cet animal. Cette chair devient la nourriture du carnivore, qui en fait également deux parts : la première revient à l'atmosphère par la respiration, la seconde forme son sang et sa chair. Enfin, quand ces animaux cessent de vivre, leur corps est envahi par des légions d'êtres microscopiques qui fixent sur lui l'oxygène et le ramènent à l'état d'acide carbonique, d'eau et d'ammoniaque.

Les végétaux ont donc pour aliments les principes de l'air, et ce sont ces principes qui se changent en bois ou en amidon, en sucre ou en poison, qui forment la chair savoureuse des fruits, comme le parfum subtil des fleurs, la dentelle des feuilles comme le tissu coriace du bois. Les animaux se nourrissent des végétaux; ils gazéifient cet air solidifié et le ramènent à l'atmosphère, où il recommence ce cercle de transformations, qui ne se brise jamais, grâce à l'air qui sert de lien admirable entre le règne végétal et le règne animal.

Je m'arrête, messieurs, j'aurais désiré vous parler encore du rôle important que la vapeur d'eau, que les miasmes, que les germes répandus dans l'atmosphère jouent dans la nature. Mais l'heure est trop avancée, et je vais vous demander la permission de résumer cette seconde partie, comme je l'ai fait pour la première.

En premier lieu, la respiration est, comme la combustion, l'union de l'oxygène de l'air avec des principes carbonés et hydrogénés. Il en résulte de la chaleur, et l'image des poëtes, qui comparent la vie à une lampe, notre fin à la lueur dernière de cette lampe expirante, est l'expression exacte de la vérité.

La vie et le feu s'éteignent quand l'air fait défaut; sans l'atmosphère, la mort et le froid seraient les rois de la nature.

En deuxième lieu, que faisons-nous du souffle de l'air à qui nous devons la vie? Nous l'empoisonnons, et nous consommerions fatalement notre mort si les végétaux ne respiraient pas aussi.

Physiciens et chimistes habiles, ils décomposent l'eau, l'acide carbonique, etc., et ils rendent à l'air notre principe vital. Serviteurs zélés, ils nous préparent, en outre, nos aliments, nos combustibles, nos vêtements, et tout ce qui est nécessaire à notre bien-être.

Ainsi, messieurs, quand vous regarderez dans nos jardins l'herbe naissante, vous n'admirerez pas seulement la teinte fraîche de ce riant tapis de verdure et la grâce des fleurs dont il est émaillé. Vous élèverez plus haut vos pensées, vous songerez que chacun de ces brins d'herbe que vous foulez aux pieds est un bienfaiteur silencieux; car si d'une part vous contribuez à l'embellir en lui fournissant l'acide carbonique sans lequel il s'étiolerait, lui, de son côté, vous donne généreusement tout ce qui est nécessaire à votre vie matérielle; vous songerez que cette harmonie est d'une perfection sublime, car si des contrées sont plongées pendant de longs mois dans les rigueurs de l'hiver, les vents établissent entre ces pays déshérités et les nôtres, un échange incessant qui amène dans nos bois, sur nos prairies, l'acide carbonique produit par la respiration du Lapon et de l'Esquimau, et qui rapporte à cet habitant du pôle l'oxygène qu'exhalent les milliers de bouches de nos végétaux.

Nous avions donc le droit de dire en commençant que tous les êtres vivants sont de l'air organisé, puisque les végétaux et les animaux ne font qu'échanger éternellement les principes qui le constituent.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### XXXI (fin).

**Le curare considéré comme moyen d'investigation physiologique.**

Le curare n'atteignant le nerf moteur que par son extrémité musculaire, on était conduit à supposer que

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29 et 30.

Digitized by Google

cette extrémité perdait la première ses propriétés vitales. Mais si les faits scientifiques sont immuables, les hypothèses par lesquelles on essaye d'en rendre compte ne le sont pas de même.

L'explication qui semblait autrefois si naturelle était donc toujours sujette à changer; et, en effet, c'est là une hypothèse qu'il faut mettre de côté. En empoisonnant les animaux avec de fortes doses de curare, on ne pouvait pas suivre les diverses phases de l'empoisonnement. On avait admis que dès que l'extrémité musculaire était frappée par le curare, il était évident que, le tronc supérieur restât-t-il encore irritable, on n'aurait eu aucun moyen de le montrer. Cependant il y avait contradiction, car on voyait souvent, après la paralysie curarique, le nerf réagir sur le muscle, ce qui prouvait bien que la paralysie provenait non de l'impossibilité de l'action du nerf sur le muscle, mais de l'impossibilité de l'action du nerf sensitif ou volontaire sur le nerf moteur. Nos expériences plus récentes nous ont montré qu'il fallait abandonner cette hypothèse. C'est bien toujours par l'extrémité musculaire que le curare agit sur le nerf moteur; mais c'est par l'extrémité médullaire que ce nerf commence à périr, tout en conservant l'activité de son extrémité périphérique sur le muscle, bien que ce soit celle-ci qui ait été réellement empoisonnée. Pour rendre ma pensée et bien exprimer le résultat de l'expérience, je dirai que le curare semble faire écouler le fluide nerveux du nerf moteur. Supposons que ce fluide s'écoule par le bout périphérique et musculaire, et que le curare agisse sur l'extrémité nerveuse de manière à donner issue à ce fluide par cette extrémité : il arrivera que, bien que le fluide s'écoule par le bout inférieur et musculaire du nerf, c'est son extrémité supérieure qui sera la première privée de fluide, comme un tube plein d'eau fermé en bas par un robinet : si l'on ouvre le robinet, on fait écouler l'eau par en bas, mais c'est la partie supérieure du tube qui se vide la première. La mort du nerf moteur par le curare se produit donc de la même manière que sous des influences naturelles, par exemple quand elle est due simplement à une hémorrhagie.

Nous vous montrerons dans la prochaine leçon ces deux faits qui semblent contradictoires, à savoir que le nerf moteur n'est vulnérable au curare qu'à son extrémité musculaire, mais que l'extrémité médullaire meurt la première, comme dans la mort naturelle.

Nous attachons une grande importance à ce dernier point, parce que cela montre que les poisons peuvent n'agir qu'en produisant des actions physiologiques exagérées ou survenues dans des conditions spéciales. Les mêmes lois se retrouvent en physiologie, en toxicologie et en pathologie, ce qui démontre l'unité de ces diverses sciences et prouve par là même la justesse de l'idée qui domine tout cet enseignement et qui est le but de nos constants efforts. Sans doute la physiologie ne pose pas le problème médical; c'est la médecine clinique seule qui le fait. Mais la physiologie est la seule base solide de la médecine; la clinique n'en est que le champ d'observation; elle est sans doute indispensable au médecin parce qu'elle fournit de bonnes observations qui sont les premiers éléments de la médecine; mais la clinique seule ne lui donnera jamais les éléments mêmes de la science, et quand il voudra les trouver, il lui faudra toujours passer de l'hôpital dans le laboratoire du physiologiste, c'est-à-dire de l'expérimentateur.

## XXXII.

Nous poursuivons toujours nos recherches sur le même sujet, bien qu'il puisse paraître épuisé à certaines personnes, et que les faits que nous exposons semblent parfaitement connus. D'ailleurs, au Collége de France, nous n'avons pas de programme à remplir, et nous devons d'autant plus profiter de la liberté entière qui est laissée à cet enseignement, que cela nous permet d'épuiser un sujet de recherches, autant que nous le permettent nos moyens actuels d'investigation.

C'est un grand défaut en physiologie que d'aller sans cesse, de sujet en sujet, en les effleurant tous, sans en épuiser aucun. Il faut s'appesantir, suivant moi, sur chaque question, pour élucider les difficultés qui s'y rencontrent, et ne pas craindre de prendre un sujet sur lequel ont déjà été entrepris un grand nombre de travaux. On veut toujours faire du nouveau et l'on semble rougir de répéter ce qu'un autre a déjà pu dire avant nous. C'est la déloyauté scientifique et une vanité mal placée qui poussent les expérimentateurs à chercher toujours des sujets complétement inexplorés pour pouvoir faire dire qu'ils sont les premiers à en avoir parlé, et qu'ils ont découvert une foule de choses qu'on ne soupçonnait pas avant eux. Cette tendance aux recherches nouvelles a aussi son avantage; mais il ne faut pas trop l'étendre. Il faut aussi creuser les questions, et les pousser jusqu'aux limites que nous pouvons atteindre pour le moment. On peut alors asseoir des considérations générales sur les faits avec d'autant plus de solidité qu'on est descendu plus profondément dans les détails.

Vous avez déjà pu voir, et vous verrez d'ailleurs par la suite de ces recherches, que l'étude du curare n'est pas aussi rebattue qu'on pourrait le croire, et qu'elle peut encore être féconde pour la physiologie. L'action du curare est encore loin d'être parfaitement connue dans ses détails intimes. Or le devoir de l'expérimentateur est de pousser la science aussi loin que possible dans l'état actuel de nos connaissances, de manière à arriver pour chaque phénomène à une action élémentaire et primitive, physique ou chimique, car tant que l'on parle d'actions dites vitales, il reste toujours quelque chose de vague et d'indéfini, qui prouve que l'explication n'est pas complète, et que le phénomène intime n'est pas encore connu dans son essence.

Pour l'empoisonnement par le curare, nous sommes arrivés à localiser la question, nous savons quel est

Digitized by Google

précisément l'élément qui est frappé. Dans le circuit que suit une action réflexe, le nerf moteur est, pour ainsi dire, le trait d'union entre le nerf sensitif ou la moelle d'un côté, et le muscle de l'autre. C'est ce trait d'union que supprime le curare, et il ne fait pas autre chose. Mais où et comment le supprime-t-il, et suivant quelle marche s'opère cette destruction des propriétés du nerf moteur?

Nous avions admis autrefois, d'après des expériences faites sur des grenouilles, que le nerf moteur était atteint par le poison, par la périphérie, en reconnaissant toutefois que ce nerf moteur était toujours détruit dans toute son étendue par l'action du curare. Mais d'autres expérimentateurs, notamment M. Pélikan, M. Kölliker, et aussi M. Vulpian, avaient vu que chez d'autres animaux le nerf moteur réagissait encore après la mort, et n'était par conséquent pas détruit dans tout son trajet. Nous avons, de notre côté, vérifié l'exactitude de ces derniers faits; mais cependant la paralysie ne pouvait pas s'expliquer comme le faisaient ces auteurs par le fait que le nerf moteur était éteint et frappé à son extrémité musculaire ou périphérique, car il continuait, ainsi que nous l'avons vu, à pouvoir réagir avec énergie sur le muscle. La première opinion que nous avons défendue autrefois est incomplète, en ce sens que le nerf moteur n'est pas atteint par l'action du curare dans toute son étendue à la fois; l'opinion de la paralysie du nerf limitée à son extrémité périphérique est erronée, parce qu'il n'est pas exact que le nerf moteur empoisonné par le curare ne perde ses propriétés qu'à son extrémité musculaire, et les conserve dans le reste de son étendue. Le curare détruit les propriétés du nerf moteur, absolument comme si l'on avait supprimé le sang qui baigne et nourrit ce nerf. Le sang acquiert donc, sous l'influence du curare, une qualité qui annihile en quelque sorte l'influence sanguine relativement au nerf moteur, et la laisse subsister relativement aux autres tissus. Mais ce qui reste encore de particulier au curare et de mystérieux dans son action, c'est cette nécessité où il est de toucher l'extrémité périphérique et la modification inconnue qui s'y produit.

L'analogie entre la mort du nerf moteur par soustraction du sang, et sa mort par le curare est, du reste, aussi complète que possible. Nous pouvons maintenant, grâce à ces idées nouvelles, comprendre des faits que nous ne comprenions pas autrefois. Ainsi quand on a coupé un nerf moteur et qu'on empoisonne par le curare le membre dans lequel il se rend, le bout central ou médullaire de ce nerf n'est pas atteint, et le bout périphérique ou musculaire est seul empoisonné. Jusqu'ici, rien que de très-naturel. Mais on constate, en outre, que ce bout périphérique s'est empoisonné plus vite que si la section n'avait pas eu lieu et que l'action toxique se fût attaquée à un nerf entier. Il en est de même quand on empêche l'accès du sang dans un membre, en liant les artères qui s'y rendent: le nerf moteur perd encore bien plus vite sa propriété de réagir sur le muscle lorsqu'il a été coupé sur un point quelconque de son parcours, que lorsqu'il est resté entier.

Ce qui nous avait fait penser autrefois que le curare détruisait les propriétés du nerf moteur dans toute son étendue en même temps, c'est que les nerfs des animaux que nous empoisonnions par le curare n'étaient plus irritables par l'électricité en aucun point de leur trajet. Mais nous n'obtenions ces résultats que parce que nous opérions avec des doses trop fortes de curare, et nous savons maintenant que lorsqu'on donne des doses plus faibles, quoique encore toxiques, les nerfs moteurs restent irritables à l'électricité pendant un certain temps, après la mort, c'est-à-dire après la cessation des mouvements respiratoires.

D'après nos nouvelles expériences, c'est l'extrémité centrale ou médullaire qui perd ses propriétés la première, c'est-à-dire qu'elle se paralyse en premier lieu; puis la paralysie, ou la perte de la faculté d'être excité et de réagir sur le muscle se propage plus ou moins vite en descendant le long du nerf moteur jusqu'à son extrémité musculaire. On peut ainsi constater successivement tous les degrés de l'action toxique, et avoir des nerfs frappés par le curare dans le quart, le tiers, la moitié de leur étendue. Mais il n'est pas nécessaire que le nerf moteur soit paralysé jusqu'à son extrémité musculaire, pour que l'animal soit incapable de se mouvoir, et périsse bientôt d'asphyxie; il suffit que l'extrémité médullaire du nerf ait perdu ses propriétés, car, à partir de ce moment, les mouvements volontaires et les actions réflexes deviennent également impossibles.

Nous allons maintenant mettre tous ces faits sous vos yeux.

Voici d'abord un lapin auquel nous injectons une dissolution de curare dans la veine jugulaire; il meurt véritablement foudroyé avant même la fin de l'injection. Lorsqu'on injecte le curare dans les veines, l'effet toxique se produit immédiatement, et l'on est toujours sûr d'obtenir ainsi, lorsqu'on le veut, un empoisonnement avec excès. Vous voyez, du reste, que les nerfs sciatiques mis aussitôt à découvert sont complétement insensibles à l'irritation électrique, tandis que les muscles se contractent très-bien lorsqu'on les irrite directement.

Nous prenons maintenant un second lapin, et nous mesurons le degré d'excitabilité de son nerf sciatique à l'électricité au moyen de l'appareil dont se sert M. du Bois-Reymond. Il suffit pour cela, lorsque le nerf commence à être excité, de noter la place qu'occupe cette bobine électrique creuse et mobile dans une rainure, relativement à la bobine fixe qui est à l'extrémité de l'appareil. Une échelle graduée fixée parallèlement à la rainure permet de le faire rapidement.

Nous empoisonnons ensuite ce lapin en lui injectant dans le tissu cellulaire sous-cutané une dose modérée de curare, de manière à ralentir les phénomènes toxiques pour les observer plus facilement. Nous verrons alors au

Digitized by Google

moment où l'animal tombera paralysé par le curare que le nerf moteur sciatique est encore irritable à l'électricité, et qu'il l'est même tout autant qu'il l'était à l'état normal. Il faut donc que la paralysie tienne à autre chose qu'à une destruction lente des propriétés du nerf moteur sur tout son parcours à la fois. En effet, la marche et le mécanisme de l'empoisonnement du nerf moteur par le curare expliquent facilement ces faits.

Au moment où se produit la paralysie, l'origine médullaire du nerf est déjà frappée, mais le tronc est encore intact, et dès lors, il est naturel qu'il réponde aux irritations électriques. Reste toujours, il est vrai, le paradoxe de la mort du nerf moteur par l'extrémité centrale, bien que l'extrémité périphérique seule ait été touchée par le poison. Mais c'est aussi le paradoxe de la mort physiologique ordinaire, par hémorrhagie par exemple, car c'est à l'extrémité musculaire que se produit le défaut de sang, et cependant c'est l'extrémité médullaire qui meurt la première.

Quand l'extrémité médullaire des nerfs moteurs est atteinte par le poison, l'animal tombe donc paralysé, et la mort arrive ensuite par asphyxie, lorsque l'origine des nerfs respiratoires se trouve de même atteinte par le curare. Elle ne tient donc pas à ce que les nerfs moteurs ne peuvent plus réagir sur les muscles respiratoires, mais à ce que les sensations respiratoires ne peuvent plus réagir sur les nerfs moteurs. Ainsi le nerf moteur est toujours excitable dans son tronc, quand l'animal tombe paralysé, ce qui prouve bien que ce n'est jamais le bout périphérique qui est paralysé le premier, bien que ce soit lui qui soit touché par le curare.

Voici, en effet, notre lapin, qui est pris des effets du curare, et vous voyez que l'irritabilité de son nerf sciatique, notée tout à l'heure à l'état normal, a même un peu augmenté, loin d'être diminuée par l'action toxique. Voici maintenant la preuve du même fait sur une grenouille; seulement, les doses étant toujours relativement plus fortes sur un animal de petite taille comme celui-là, l'empoisonnement est plus rapide, et les propriétés des nerfs se perdent plus vite.

Lorsque l'animal est tombé, l'irritabilité de son nerf sciatique correspondait à 57 degrés de notre échelle, au lieu de 53 degrés que nous avions trouvé à l'état normal. Mais aussitôt après, cette irritabilité tombe à 35 degrés, puis elle disparaît très-vite, et devient nulle. Cette augmentation de l'irritabilité dans un nerf qui meurt n'est point là un effet propre au curare; il se produit dans toutes les circonstances de ce genre, et les physiologistes le connaissent parfaitement. En un mot, le curare produit exactement les mêmes effets que s'il supprimait le sang.

On sait que lorsque les nerfs d'un animal décapité ont perdu leur irritabilité; on peut faire renaître leurs propriétés en transfusant dans les artères de cet animal le sang d'un autre animal plus ou moins semblable. Il en est de même pour le curare; lorsque le sang est régénéré par l'élimination du poison, les propriétés des nerfs reparaissent aussitôt. Cela prouve que le sang est un excitant nutritif comme on l'avait déjà dit depuis longtemps, et de plus qu'il contient des matières ou possède des propriétés spéciales pour la nutrition de chaque élément organique. Le curare détruirait-il seulement dans le sang la substance particulière qui sert à la nutrition du nerf moteur? Et quelle pourrait bien être cette substance? Nous n'en savons absolument rien. Cependant, il ne serait peut-être pas impossible de la trouver un jour, en suivant la question de très-près et à l'aide de moyens nouveaux d'analyse. Mais ce qu'il faut, avant tout, que nous fassions aujourd'hui, c'est de poser la question et de chercher les moyens les plus convenables que nous pourrons trouver pour la résoudre.

## XXXIII.

Nous allons continuer aujourd'hui l'étude des effets du curare, comme moyen d'investigation physiologique propre à déterminer la constitution du système nerveux et son mode de fonctionnement. Nous vous disions dans la dernière séance que le curare était un puissant instrument d'analyse physiologique, qui nous permettrait de découvrir sans doute des choses nouvelles, et vous allez voir que nous ne nous avancions pas trop, car nous allons montrer que l'effet toxique produit par ce poison correspond à un phénomène physiologique encore inconnu.

Vous savez que l'action spéciale et caractéristique du curare, c'est l'abolition des propriétés du système nerveux moteur. Ces propriétés disparaissent dans le même ordre et de la même manière que si l'on avait supprimé le sang qui baigne et nourrit l'extrémité périphérique des nerfs moteurs.

Mais il est impossible de faire mourir tout un animal instantanément, car on ne peut lui enlever radicalement et instantanément toutes les conditions de la vie et les propriétés des différents tissus qui le composent. Il ne faut pas, en effet, entendre la mort au point de vue physiologique, comme on l'entend fort souvent dans le monde. Ainsi, on dit communément qu'un animal est mort quand on lui a tranché la tête; on a raison, en ce sens que l'animal décapité ne vivra plus désormais, et encore faut-il, pour rester dans le vrai, ne parler que des animaux supérieurs, car parmi les animaux inférieurs, il y en a qui peuvent reproduire leur tête comme d'autres leurs membres. Cet animal qui est mort aux yeux de l'homme du monde ne l'est pas encore pour le physiologiste, car ces tissus conservent encore leurs propriétés pendant un certain temps, et les nerfs moteurs, par exemple, peuvent encore réagir sur les muscles sous l'influence d'irritants de diverses natures, bien que l'action de la volonté soit devenue impossible par suite de l'ablation de la tête. C'est seulement lorsque ces propriétés vitales ont disparu qu'on peut dire que les nerfs moteurs sont morts.

Digitized by Google

Mais le curare fait mourir les nerfs moteurs beaucoup plus vite que si l'on tranchait la tête à un animal, ou que si on lui enlevait le sang qui le nourrit. Ainsi, les nerfs moteurs d'une patte de grenouille empoisonnée par le curare perdent plus vite leurs propriétés vitales que les mêmes nerfs d'une patte simplement séparée du tronc, et qui meurent par conséquent d'une manière naturelle, c'est-à-dire par hémorrhagie. Cette différence s'explique du reste facilement, car il est impossible de retirer immédiatement tout le sang qui se trouve dans un membre; il en reste toujours une certaine quantité dans les petits vaisseaux capillaires, et cette quantité, si minime qu'elle puisse être, suffit cependant à nourrir encore les nerfs pendant un temps plus ou moins long. Le curare, au contraire, fait sentir son action jusqu'à l'extrémité des plus minces capillaires et il enlève partout au sang ses propriétés nutritives, de sorte que c'est absolument comme si l'on avait trouvé le moyen d'enlever, en un instant, rigoureusement toute la masse du sang qui baigne les nerfs.

Après avoir prouvé d'une manière irréfutable que les propriétés musculaires étaient distinctes des propriétés nerveuses, le curare a nettement distingué les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs. Sans doute ces deux espèces de nerfs ont entre eux des analogies, puisqu'ils font partie d'un même système organique. Mais généraliser n'est pas assimiler, et de ce qu'un nerf sensitif diffère moins d'un nerf moteur que d'une fibre musculaire ou d'une cellule glandulaire, il ne s'ensuit pas du tout qu'il lui ressemble tout à fait.

On a dit que les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs représentaient deux ordres de conducteurs, distingués par le sens que suit dans chacun d'eux le courant nerveux, à peu près comme les artères et les veines se différencient par le sens du courant sanguin. Acceptons, si l'on veut, cette comparaison. N'y a-t-il pas une distinction physiologique essentielle entre les artères et les veines, et pourrait-on la négliger dans l'étude des phénomènes des êtres vivants? La distinction de deux ordres de conducteurs nerveux présente au moins la même importance, et confondre les nerfs sensitifs avec les nerfs moteurs nous paraît aussi impossible que d'assimiler les artères et les veines : ce serait apporter de la confusion que de vouloir faire autrement. Sans doute, la sensibilité ne réside pas dans le nerf sensitif mais bien dans le centre nerveux, de même que la faculté motrice siége dans le muscle et non dans le nerf moteur; mais cela n'empêche pas qu'il ne soit intéressant de distinguer les organes nerveux qui transmettent l'une ou l'autre de ces deux influences, et qui leur prêtent ainsi des conditions indispensables de manifestation.

La distinction établie par le curare entre les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs est du reste aussi complète que possible, puisque les seconds perdent toutes leurs propriétés vitales sous l'influence de ce poison, tandis que les premiers les conservent parfaitement. Comme le curare doit nécessairement toucher l'extrémité périphérique du nerf moteur pour lui enlever la faculté de réagir sur le muscle, on avait prétendu qu'il altérait seulement cette extrémité où l'on avait récemment découvert des sortes d'organes nerveux particuliers, tandis que tout le reste du nerf moteur aurait été parfaitement respecté par le poison. Mais nos dernières expériences, dont nous avons exposé les résultats dans ce cours il y a très-peu de temps, prouvent clairement que les choses ne se passent pas ainsi. En effet, les propriétés du nerf moteur empoisonné par le curare se perdent d'abord à son extrémité médullaire; puis cette mort du nerf moteur se propage en descendant le long d'un tronc jusqu'à l'extrémité musculaire, et l'on peut en suivre tous les progrès, comme nous vous l'avons fait voir.

Nous allons vous montrer encore une fois la conservation des nerfs sensitifs chez une grenouille dont les nerfs moteurs ont perdu leurs propriétés sous l'influence du curare. Les nerfs sensitifs meurent ensuite après les nerfs moteurs. On admet que dans la mort naturelle, — c'est-à-dire sans intervention d'aucun poison, — par exemple par asphyxie ou par hémorrhagie, c'est le contraire qui a lieu; de telle sorte que chez un animal décapité, les nerfs sensitifs mourraient avant les nerfs moteurs.

Mais nous faisons maintenant des expériences à ce sujet, expériences que nous devons répéter et continuer parce que le point est trop important pour qu'on puisse le trancher à la légère. Une de ces expériences en cours d'exécution a semblé déjà nous montrer que la sensibilité persisterait après le mouvement dans la mort naturelle comme dans la mort par le curare. Il faudrait donc, si ces résultats se vérifient, reviser l'opinion généralement adoptée.

C'est là, du reste, une question extrêmement délicate, et l'on s'expliquerait parfaitement que les expérimentateurs aient été jusqu'ici induits en erreur. Comment en effet pouvons-nous savoir qu'un animal est encore sensible? Ce n'est qu'à la condition qu'il produise sa sensibilité par des mouvements lorsqu'on le pince ou qu'on le soumet à une excitation douloureuse quelconque. Si l'on pouvait opérer sur soi-même, les choses se passeraient sans doute autrement, car on sent très-bien quand on souffre, lors même que cette souffrance ne se traduit par aucun mouvement. Mais il est évident que des expériences de ce genre ne peuvent se faire que sur des animaux et dès lors qu'on en est réduit à juger de la persistance de la sensibilité par les phénomènes extérieurs qui l'accompagnent d'ordinaire. Or dès que l'extrémité centrale du nerf moteur est atteinte et a perdu ses propriétés, les nerfs volontaires et les nerfs sensitifs ne peuvent plus réagir sur ce nerf moteur et par conséquent la sensibilité ne se manifeste plus.

Quand un animal est sous l'influence du curare, on pourrait le croire parfaitement insensible et cependant il ne l'est pas du tout; le système nerveux moteur est

Digitized by Google

eul atteint; mais cela suffit pour que la sensibilité ne uisse plus se manifester et reste ainsi à l'état latent. Voici une grenouille empoisonnée par le curare; nous vons beau la pincer, elle ne répond plus aux excitations loureuses. Mais nous aurions tort d'en conclure qu'elle 'est plus sensible, car elle l'est tout autant qu'à l'état ormal.

Voici en effet une autre grenouille qui a été empoionnée de la même manière, mais à laquelle nous avons ait subir, avant de l'empoisonner, une opération que ous connaissez très-bien. Cette opération consiste à inerrompre toute communication par le système vasculaire ntre la partie antérieure et la partie postérieure du orps, tandis que la communication continue à se faire ar les nerfs lombaires. La grenouille ainsi préparée a té empoisonnée par le curare dans la partie antérieure lu corps, et la partie postérieure a naturellement été réservée, puisque l'action toxique de ce poison ne se ropage que par le sang qui, grâce à cette opération réliminaire, ne peut plus passer de la partie antérieure lu corps dans la partie postérieure.

Si nous pinçons alors les pattes postérieures de cette econde grenouille, l'animal les retire aussitôt, ce qui 'a rien d'étonnant puisque cette partie du corps a été omplétement préservée de l'action toxique. Mais l'anial remue également les pattes postérieures lorsque ous le pinçons dans la partie antérieure du corps qui st paralysée par le curare, et cela prouve évidemment ue le poison, en y détruisant les propriétés des nerfs noteurs, y a respecté celle des nerfs sensitifs.

Les deux grenouilles sur lesquelles nous venons d'oérer ne présentent évidemment aucune différence au oint de vue de l'action toxique et de l'état qui en réulte; et cependant tout le monde serait porté à dire ue l'une est sensible et que l'autre ne l'est pas.

Lorsqu'un animal est en état de syncope ou vient de ubir une hémorrhagie considérable, nous voyons bien u'il ne répond plus aux excitations douloureuses. Mais es propriétés du système nerveux sensitif sont-elles momentanément détruites, ou sont-elles simplement masquées par la paralysie du système nerveux moteur comme dans l'empoisonnement par le curare? Voilà la uestion, et nous n'avons pas besoin d'insister sur l'inérêt qu'elle présente.

On admet généralement que dans le cas de mort par émorrhagie le nerf sensitif perd ses propriétés avant le erf moteur; mais nous venons de dire que les expériences que nous exécutons en ce moment semblent ous donner des résultats tout contraires. Voici comment nous les avons disposées.

Nous avons pris une grenouille dont nous avons fait mourir une patte postérieure seulement; nous avons empêché l'accès du sang dans cette patte en liant l'artère qui s'y rend : cela revient à séparer le membre du tronc, car toutes les propriétés vitales s'y éteignent successivement, et nous voyons en effet cette grenouille trainer après elle cette patte qu'elle ne peut plus mouvoir, absolument comme elle ferait d'un corps étranger.

Dans une expérience faite avant la leçon, nous avons constaté que les nerfs sensitifs de cette patte étaient encore irritables douloureusement par l'électricité à un moment où les nerfs ne l'étaient plus. L'expérience répétée aujourd'hui sous vos yeux ne réussit pas; mais nous devons continuer cette série de recherches en opérant sur des animaux à sang chaud, qui sont plus sensibles que les animaux à sang froid et nous vous donnerons les résultats, quels qu'ils soient, dans notre prochaine leçon.

La question que nous agitons en ce moment est évidemment très-importante, car, si nos premiers résultats se confirment, la mort naturelle des nerfs sensitifs, comme celle des nerfs moteurs, suivrait exactement la même marche que la mort des mêmes éléments sous l'influence du curare, et il en résulterait dès lors que ce poison ne ferait qu'exalter et rendre plus rapide un phénomène naturel.

On s'est quelquefois demandé si les décapités pouvaient encore éprouver des sensations. Cela deviendrait très-probable s'il était démontré que les nerfs sensitifs survivent aux nerfs moteurs. Il se pourrait alors qu'un animal décapité se trouvât à peu près dans le même état que la grenouille empoisonnée par le curare, jouissant de toute sa sensibilité et ne pouvant cependant plus la manifester, par suite de la paralysie des nerfs moteurs.

Le curare pourrait peut-être aussi éclairer la physiologie de la moelle épinière. Ce sont là des questions toutes nouvelles, qui ont surtout été étudiées dans le second quart de ce siècle. Auparavant on considérait simplement la moelle épinière comme étant la réunion de tous les nerfs du corps, et l'on avait même essayé de prouver par des calculs que la surface de section de la moelle équivalait exactement à la somme des surfaces de section de tous les nerfs.

Les idées ont bien changé aujourd'hui sur ce point, et plusieurs théories se sont déjà succédé les unes aux autres. C'est là qu'est le progrès de la science; elle se modifie sans cesse, et cela prouve qu'elle marche en avant et se perfectionne. Il faut bien distinguer, en effet, entre les principes de la science qui sont immuables et les théories qui sont toujours mobiles et sujettes à disparaître. Quand une théorie change, c'est qu'on a découvert quelque chose de nouveau, constaté des faits encore inconnus jusque-là. Si la théorie régnante ne s'adapte point à ces faits et ne peut les expliquer, il faut qu'elle se modifie ou qu'elle périsse pour faire place à une autre. Mais cette vérité nouvelle qui lui succède n'est pas encore la vérité absolue; elle est en rapport avec l'état actuel de la science, et voilà tout. Quand de nouvelles idées scientifiques se seront fait jour, et que de nouveaux faits auront été découverts, elle changera à son tour.

La physiologie de la moelle épinière a été longtemps

Digitized by Google

dominée par la théorie de la fibre nerveuse continue. On croyait que les fibres nerveuses sensitives se continuaient dans la moelle épinière, puis dans l'encéphale où elles se repliaient sur elles-mêmes pour redescendre le long de la moelle épinière et se terminer dans les muscles par les fibres motrices. Le système nerveux n'aurait donc été qu'une sorte de longue corde repliée sur elle-même, et le cerveau que le point où se produisait ce changement de direction.

On sait aujourd'hui que les choses sont bien plus compliquées que cela, et il est maintenant démontré qu'il faut au moins cinq ou six organes intermédiaires pour qu'un mouvement puisse se produire. Le système nerveux peut, en définitive, se résumer en fibres motrices qui ont à leur bout un muscle et en fibres sensitives qui se terminent dans une surface sensible, soit la peau, soit un organe des sens spéciaux. Il y a, en outre, dans les centres des cellules nerveuses. La moelle épinière conduit au cerveau les impressions sensibles et transmet aux muscles l'influence motrice ; mais elle n'a par elle-même ni sensibilité ni influence motrice. Si elle répond aux excitations auxquelles on la soumet, c'est parce qu'on blesse en même temps les racines sensitives ou motrices. Il serait donc important de savoir jusqu'où pénètrent précisément dans la moelle les racines motrices ou sensitives. Nous avons constaté récemment qu'on atteignait encore les racines en piquant la moelle plusieurs centimètres au-dessus de l'origine du nerf.

Dans la prochaine séance, nous continuerons l'étude du curare au point de vue physiologique, et nous rechercherons particulièrement si les nerfs sensitifs meurent naturellement, par défaut de sang, de la même manière que dans l'empoisonnement par le curare, c'est-à-dire après les nerfs moteurs.

## BULLETIN DES COURS.

A l'occasion d'une épidémie de variole qui a sévi aux environs de Reims, au commencement de l'année, M. Maldan, directeur de l'école de médecine de cette ville, désireux de rassurer la population sur les effets de la maladie dont elle était menacée, et de lui indiquer le moyen de s'en préserver, a fait sur la vaccine, le 17 mars dernier, une conférence dont nous reproduisons les points principaux, à raison de l'intérêt qu'ils ont pour l'hygiène des établissements publics.

La variole, inconnue de l'antiquité européenne, paraît avoir pris naissance en Arabie, en Afrique et en Europe. Plus tard, les Espagnols l'ont portée en Amérique, et les Anglais en Océanie.

La variole attaque surtout l'homme dans son enfance, mais peut néanmoins l'atteindre encore dans sa vieillesse : témoin Lacépède, qui en est mort à soixante et dix ans. Elle ne frappe ordinairement qu'une fois le même individu ; cependant les récidives ne sont pas rares : Louis XV y a succombé en 1774, après l'avoir eue déjà en 1728. Sa violence est d'autant plus grande, qu'elle apparaît dans un pays qui en avait été jusque-là plus complétement exempt.

Les moyens employés contre elle sont plutôt préventifs que curatifs. Bien avant Jenner, on pratiquait en Circassie, en Asie, en Afrique, même en Europe, et particulièrement en Angleterre, pour se préserver de la petite vérole, l'inoculation du pus variolique lui-même. Ce moyen fut repoussé en France par les corps savants jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. Mais la variole inoculée restait contagieuse : l'emploi d'un moyen plus efficace fut généralisé bien plutôt que découvert par l'Anglais Jenner, qui le tenait des habitants de la campagne. Ce moyen consiste à se servir, au lieu du pus des varioleux, du pus tiré des boutons de la vache affectée du *cowpox* (variole des vaches). Sous son influence, il se produit une éruption discrète, qui possède la vertu prophylactique la mieux décidée : nous parlons de la vaccine.

La vaccine, devenue bientôt populaire chez nos voisins d'outre-Manche, fut importée chez nous par le duc de la Rochefoucauld-Liancourt.

La vaccine préserve-t-elle indéfiniment de la petite vérole? Non, ne craint-il pas de répondre. La vaccine est préservatrice, voilà qui est incontestable, et il tire ses preuves : 1° de l'immunité dont ont joui les vaccinés dans une inoculation de variole tentée à Reims par Husson, et répétée à Paris par l'ordre de l'empereur Napoléon Ier; 2° de la cohabitation inoffensive des vaccinés avec des varioleux, même en temps d'épidémie. Il faut cependant avouer que la vertu préventive de la vaccine n'est pas absolue : il est des sujets, en petit nombre, chez lesquels elle ne possède qu'une action insuffisante ; mais alors même que les vaccinés ne sont pas préservés de la variole, elle revêt chez eux un caractère plus bénin.

Pendant combien de temps peut durer la propriété prophylactique de la vaccine? On l'ignore. Ce qu'on sait mieux, c'est qu'elle peut s'affaiblir, surtout entre quinze et trente ans : d'où l'utilité de se faire revacciner entre ces deux âges.

On a fait à la vaccine un reproche, celui de favoriser ou de multiplier certaines maladies, notamment la fièvre typhoïde, la scrofule et la phthisie. En ce qui concerne la fièvre typhoïde, il faut bien savoir que cette désignation n'est que la généralisation d'affections diverses, connues autrefois sous des expressions différentes. Quant à la scrofule, la diminution du nombre des malades à l'hospice spécial de Saint-Marcoul à Reims, depuis l'introduction de la vaccine, est une réponse péremptoire. La phthisie? Elle est mieux et plus souvent constatée qu'autrefois, parce que les moyens d'investigation sont plus nombreux et plus parfaits, mais elle n'est pas plus fréquente pour cela.

(*Bulletin administratif du ministère de l'instruction publique.*)

---

M. Chatin fera, dimanche 2 juillet, une herborisation dans la forêt de Rambouillet. Rendez-vous à la gare Montparnasse, par le train quittant Paris à sept heures du matin pour la station de Montfort-l'Amaury.

— M. Daubrée (de l'Institut), professeur de géologie au Muséum, fera, du 16 au 23 juillet, une excursion géologique en Auvergne. — Pour profiter de la réduction de 50 0/0 sur le prix des places en chemin de fer, écrire avant le 9 juillet, à M. L. Lartet, rue Cuvier, 57.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

TRAITÉ ICONOGRAPHIQUE DES MALADIES CHIRURGICALES, par BENJAMIN ANGER, prosecteur des hôpitaux de Paris. — Première monographie : *Luxations* et *fractures*. — Première livraison, contenant : Introduction, par M. le professeur Velpeau ; coup d'œil général sur l'étude des luxations et des fractures, par M. Anger, et 8 planches coloriées représentant la région de l'épaule, avec le texte correspondant. Prix *franco*. 12 fr.

La deuxième livraison paraîtra le 15 juillet.

APPLICATION DU COURANT CONSTANT AU TRAITEMENT DES NÉVROSES, leçons faites à l'hôpital de la Charité par le professeur REMAK, de l'Université de Berlin (extrait de la *Revue des cours scientifiques*). Broch. in-8 de 41 pages. 1 fr. 50

LOISIRS POÉTIQUES D'UN SPÉCIALISTE, par le docteur J. VENOT (de Bordeaux). 1 vol. in-18. 2 fr. 50

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 32. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 8 JUILLET 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, | 15 fr. | Départ., | 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — | 26 | — | 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique végétale.** — Cours de **M. Georges Ville** : Leçon d'ouverture. — Situation actuelle de l'agriculture en France.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : VII. Chaleur de combinaison.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XXXIV et XXXV. Action du curare sur le grand sympathique. — Explication des phénomènes de la fièvre.

Paris, 7 juillet 1865.

La dernière séance publique de l'Académie des sciences a été fort écourtée par le comité secret. Les communications ont donc été moins nombreuses que de coutume, et nous nous bornerons à signaler à nos lecteurs trois notes présentées par M. Claude Bernard, au nom de savants étrangers. Les deux premières contiennent des expériences sur la déglutition; la troisième est un travail relatif aux fonctions de la rate.

C'est à l'Académie des sciences qu'il appartenait de décerner, cette année, le grand prix biennal de 20,000 francs, fondé par l'Empereur, qui a été donné il y a deux ans à M. Oppert, par l'Académie des inscriptions et belles-lettres, et il y a quatre ans à M. Thiers, par l'Académie française. Les suffrages de l'Académie des sciences se sont portés sur M. Wurtz, dont les nombreux et remarquables travaux sont assez connus de nos lecteurs pour que nous n'ayons pas besoin de les leur rappeler.

—En commençant aujourd'hui la publication du cours de M. Ville, dont le principal objet est de déterminer les conditions scientifiques de la production agricole, il nous est permis de dire un mot sur une question à la fois agricole et scientifique.

La betterave, qui depuis trente ans a renouvelé l'agriculture du nord de la France, est en ce moment atteinte d'un véritable fléau. Des champs entiers sont infestés d'une quantité innombrable de chenilles grisâtres, appartenant à l'espèce *Noctua exclamationis*, d'après la détermination qu'a bien voulu en faire M. Blanchard, professeur d'entomologie au Muséum, et qui menacent de détruire une grande partie des récoltes. Elles s'attaquent à la partie supérieure de la betterave qui est à fleur de terre, y tracent de profonds sillons, et en arrêtent bientôt le développement. Les plantes déjà assez développées résistent un peu mieux; mais les plus jeunes sont plus facilement altérées, et un certain nombre sont déjà considérées comme tout à fait perdues.

Le *Noctua exclamationis*, qui dévore aujourd'hui la betterave, et quelques autres insectes voisins des genres *Noctua* ou *Agrotis*, s'étaient déjà montrés avec un grand développement l'année dernière, et un fabricant de sucre du Nord, M. Mariage, examinait à cette époque, dans le *Journal des fabricants de sucre*, les divers moyens proposés jusqu'ici pour s'en débarrasser. Tous ces moyens sont, il faut bien l'avouer, d'une efficacité fort incomplète et quelquefois même fort douteuse. Il arrive souvent que ces insectes, après s'être développés dans des proportions considérables pendant quelques années, disparaissent ensuite presque complétement, quoique les moyens employés pour les détruire n'y soient quelquefois pour rien. Des recherches récentes ont donné l'explication de ce fait. La multiplication de ces insectes entraîne une multiplication parallèle de leurs parasites spéciaux; en effet ceux-ci trouvent alors plus facilement à déposer leurs œufs dans les tissus des *Noctua*, ou autres insectes analogues, qui leur fournissent seuls le milieu convenable pour leur développement, et il en résulte une destruction, sur une vaste échelle, des insectes qui attaquaient nos récoltes.



Digitized by Google

En attendant que ce secours extraordinaire leur arrive, les agriculteurs du Nord s'ingénient pour trouver un moyen de mettre un terme aux ravages de ces insectes. Mais le problème est malheureusement fort complexe, car il s'agit de trouver une substance qui détruise les chenilles sans nuire au développement de la betterave, qui soit d'un prix peu élevé, facile à trouver et à employer, et qui, en même temps, n'ait pas de propriétés trop dangereuses pour qu'on puisse la mettre sans inconvénient entre les mains des ouvriers.

Un certain nombre de ces insectes, avec des betteraves endommagées par eux, figureront à l'exposition des insectes utiles et nuisibles qui doit s'ouvrir le 15 août prochain, au palais de l'Industrie, sous la direction de la Société d'apiculture de Paris et la présidence de M. Blanchard (de l'Institut), professeur d'entomologie au Muséum d'histoire naturelle. Émile Alglave.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### PHYSIQUE VÉGÉTALE.

COURS DE M. GEORGES VILLE.

**Leçon d'ouverture. — Situation actuelle de l'agriculture en France. — But et objet du cours.**

Messieurs,

J'ai l'habitude de vous prendre pour confidents de tous mes projets. Toutes les fois que je me suis livré à quelque nouvelle entreprise j'ai cherché à vous mettre au courant des idées qui me dirigeaient et à vous faire partager mes espérances. Cette méthode peut avoir ses inconvénients, mais pour moi elle présente un charme tout particulier, car je ne connais rien de plus agréable que d'entrer en communauté d'idées avec les personnes qui sont animées du même zèle que moi. Je vous apprendrai donc que, depuis l'année dernière, je suis allé deux fois en Égypte, et que j'y ai institué des expériences considérables dont les résultats seront extrêmement précieux pour déterminer l'influence du climat sur la végétation.

Vous verrez dans tous les traités de botanique et de physiologie végétale cette question de l'influence du climat tranchée d'une manière en apparence définitive. Vous y trouverez affirmé qu'entre le moment où le bourgeon commence son évolution et celui de la maturité du fruit, la plante doit recevoir toujours une même quantité de chaleur, d'où il suivrait que sa culture ne serait possible que sous une latitude où la saison chaude est suffisamment prolongée pour qu'elle pût recevoir cette quantité invariable de chaleur. Mais si l'on discute les éléments sur lesquels cette assertion est fondée, on les trouve tellement précaires, que l'on est nécessairement conduit au doute sur la valeur scientifique des affirmations que les auteurs en ont tirées.

On voit, en effet, qu'ils prennent pour point de départ des époques moyennes, tant pour les semis que pour les récoltes; or, pour peu que l'on commette sur ces époques une erreur de quelques jours, le résultat obtenu est nécessairement inexact. Pour en finir avec l'incertitude sur cette importante question, j'ai fait semer au même moment une même plante, à Paris, à Donzère (domaine de Belleau, Drôme), et au Caire (Égypte). La température sera notée tous les jours jusqu'au moment de la maturité, et ainsi nous saurons si, en multipliant le nombre des jours de végétation par leur température moyenne, on arrivera, comme le voudrait la loi d'Adanson, à une quantité constante de chaleur, quelle que soit la latitude.

Cette influence de la quantité de chaleur sur la végétation n'était pas d'ailleurs le seul point intéressant que les cultures de l'Égypte dussent me permettre d'étudier. Une même plante étant cultivée sous des climats très-différents et dans des conditions de sol aussi semblables que possible, je me demandais si le rendement serait influencé d'une manière importante par la température, ou en d'autres termes, si dans un climat plus chaud la force productive d'une même variété se trouverait élevée.

Je voulais aussi comparer la composition des récoltes obtenues dans ces conditions excessives de lumière et de chaleur à celle des productions de nos latitudes, et savoir si le climat exerçait une influence sur la proportion des divers éléments dont une même denrée se trouve formée, c'est-à-dire si la qualité de l'aliment produit varie avec la latitude. Je puis déjà vous annoncer qu'en effet, il existe sous ce rapport des différences importantes entre le froment d'Égypte et celui de notre pays.

Enfin une dernière question me préoccupait au plus haut point. Il s'agissait de savoir si la force productive du sol variait avec le climat, c'est-à-dire si, à surface égale, la terre convenablement engraissée produisait annuellement une quantité de matière végétale différente, quelle qu'en soit la nature, suivant les contrées où elle était cultivée.

Telles sont, messieurs, les principales raisons qui m'ont déterminé à organiser des cultures en Égypte, et j'ai le plaisir de vous annoncer que les résultats que j'ai déjà obtenus et que j'aurai l'occasion de vous faire connaître dans le cours de ces leçons, me font prévoir des solutions prochaines à toutes ces questions qui offrent un si grand intérêt pour l'avenir de notre agriculture.

Gardez-vous, en effet, de croire qu'il s'agisse ici de la simple satisfaction de notre curiosité scientifique. La situation qui nous est faite par le traité de commerce place notre agriculture en face de celles de toutes les autres contrées du globe. Grâce aux facilités actuelles des transports, le commerce fait affluer les denrées de tous les pays sur tous les marchés. Pour nous, la question vitale est donc aujourd'hui de mesurer les forces productives de toutes les contrées étrangères, afin d'élever les nôtres à leur niveau ou au-dessus s'il est possible.

A ceux qui penseraient qu'une nation ne peut modifier ses habitudes agricoles avec la rapidité que réclame une pareille nécessité, je répondrai par l'exemple de l'Angleterre.

Si vous étudiez les ouvrages, les journaux, les discussions des assemblées politiques de l'Angleterre avant la réforme de Robert Peel, vous trouverez que partout on y considère l'introduction des blés étrangers comme la mort de l'agriculture, et que l'avis général est qu'à tout prix il faut éviter cette introduction. Cependant la réforme s'accomplit. Examinons quels en sont les effets : pendant les dix années qui précèdent, le rendement moyen des terres cultivées en froment est de 25 hectolitres à l'hectare ; pendant les dix années qui suivent, il s'élève à 38. Les nouvelles conditions économiques ont donc immédiatement réagi sur l'agriculture en augmentant sa production. Mais voici qui est plus remarquable encore :

Digitized by Google

pendant les dix années antérieures, l'importation moyenne est de 13 546 512 hectolitres; pendant les dix années qui suivent, elle est de 25 575 693; cependant, malgré cet immense surcroît de denrées disponibles, venant à la fois d'une production plus forte et d'importations plus développées, le prix moyen du blé reste sensiblement le même: il descend de 24 fr. 75 à 23 fr. 60 c. l'hectolitre.

Ces deux faits, en apparence contradictoires, l'augmentation dans la quantité avec le maintien du prix, s'expliquent par cette circonstance particulière qu'avant la réforme une grande partie des populations de l'Écosse, de l'Irlande, et même de l'Angleterre émigrait constamment pour aller chercher sous d'autres climats une nourriture plus facile. A dater de l'importation des blés étrangers, l'émigration cesse presque complétement et l'Angleterre y gagne le travail de tous les bras qu'elle est désormais en mesure d'entretenir.

Vous voyez donc, messieurs, que la liberté du commerce des denrées agricoles, loin de devenir un fléau pour l'Angleterre, a, au contraire, été le point de départ d'une incomparable prospérité. Il en sera de même pour toutes les nations qui l'adopteront et qui, libres d'entraves, se mettront courageusement à rivaliser d'activité et d'intelligence avec toutes les autres. Mais, dans cette lutte, la première condition du succès est de savoir mettre le climat de son côté, c'est-à-dire de ne chercher à produire que les végétaux auxquels il peut être favorable.

L'Angleterre, avec ce suprême bon sens et cette intelligence pratique qui la caractérisent, a parfaitement compris et appliqué ce principe. Avant Robert Peel, les céréales entraient dans sa production agricole pour 50 pour 100 environ. Depuis, cette proportion décroît avec rapidité. Dans l'ouest, l'humidité du climat favorise surtout la culture des racines; aussi les *turneps* ont-ils envahi cette contrée qui s'est particulièrement appliquée à la production de la viande. Le bétail consomme les turneps et fournit de grandes quantités d'engrais qui, aidées par des additions convenables de superphosphate de chaux, entretiennent le sol dans un état croissant de fertilité. L'Angleterre s'est donc vouée à l'élevage du bétail par cette seule raison que son climat était surtout favorable à la végétation des racines; si bien qu'aujourd'hui la proportion des terres cultivées en céréales se trouve réduite à 30 pour 100.

Dans le nord de la France, on obtient des résultats analogues avec la betterave, mais à la condition d'en extraire le sucre, car la culture de cette plante est beaucoup plus dispendieuse que celle du turnep qui ne consomme guère que du superphosphate de chaux, le moins cher de tous les engrais, tandis que la betterave doit trouver dans le sol de l'azote et surtout de la potasse dont le prix est beaucoup plus élevé. Grâce à l'extraction du sucre, la betterave fournit un produit d'une grande valeur tout en conservant la fertilité du sol par le retour des engrais provenant du bétail qui consomme les pulpes.

Dans le midi de la France, la question présente de bien plus grandes difficultés. La betterave ne réussit pas, parce que l'eau manque pendant une grande partie de l'année. D'ailleurs réussirait-elle, que la température s'opposerait à sa conservation. Le Midi est donc nécessairement voué à la culture de la vigne et des céréales. Mais ces dernières ne donnent que de faibles rendements et ne peuvent point par conséquent supporter la concurrence étrangère. Pour que le froment soit rémunérateur, il faut que son prix s'élève environ à 20 francs l'hectolitre; or, cette année, les blés étrangers ne valaient à Marseille que 12 à 15 francs. S'il n'y avait aucun remède à cette situation, l'agriculture du Midi serait au désespoir; la misère s'introduirait partout et la dépopulation ne tarderait pas à en être la conséquence.

Heureusement il n'en peut être ainsi. La raison des faibles rendements du sol est dans l'impossibilité où l'agriculture du Midi se trouve placée de produire des engrais en quantité suffisante. Son climat n'est favorable ni aux racines, ni à la prairie, et d'ailleurs l'extrême division de la propriété s'oppose à l'élève du bétail, qui exige des capitaux dont les petits propriétaires ne peuvent disposer.

Mais la science a marché; elle a démontré, comme j'aurai l'occasion de vous l'exposer, que les fumiers animaux pouvaient être remplacés par des produits chimiques que la nature fournit abondamment et que le commerce transporte avec facilité. Que l'agriculture du Midi se décide à en faire usage, et bientôt, ses rendements prenant une extension considérable, elle ne sera plus atteinte par les baisses de prix et se trouvera en mesure de lutter contre la concurrence étrangère.

Pour vous démontrer l'absolue nécessité d'entrer dans cette voie, il me suffira de vous raconter ce que j'ai vu en Égypte. Il y a dix ans cette contrée était un pays d'abondance et de bon marché. La population y était peu nombreuse, et, la terre y jouissant d'une grande richesse de fond, le moindre travail suffisait pour lui faire produire la nourriture des habitants. La guerre d'Amérique ayant élevé hors de toute proportion le prix des cotons, la situation de l'Égypte était trop favorable à la culture de ce produit pour qu'elle n'y fût pas essayée. Bientôt les résultats en furent si avantageux qu'elle envahit une grande partie du territoire. Un hectare qui produisait auparavant pour 400 à 500 francs de récoltes, fournissait facilement sept à huit quintaux de coton dont la valeur était de 2000 francs environ. Cette culture devait continuer à se répandre, et elle s'est si bien perfectionnée que, l'année dernière, l'Égypte a livré à l'Europe pour près de 500 millions de francs de coton. Malheureusement, tandis que la culture du coton prenait cette immense extension, une terrible épizootie sévissait sur la population animale, et l'on n'estime pas à moins de 250 millions les pertes que ce fléau vient de faire éprouver à l'Égypte qui s'est ainsi trouvée aux prises avec les plus extrêmes difficultés. Comment renoncer à une culture qui donnait un revenu égal et même supérieur à la valeur du fonds? Et comment d'ailleurs continuer cette culture sans animaux pour le labour et sans bétail pour produire les engrais nécessaires? L'Égypte a su échapper à ce menaçant dilemme par le déploiement d'une incroyable activité. La disposition tout horizontale de ses vastes plaines se prêtait merveilleusement au travail des machines. On a fait venir des défonceuses à vapeur de quarante chevaux de force, labourant un hectare en vingt-cinq minutes; on les a chauffées avec du charbon venu d'Angleterre. Grâce à des phares électriques, le travail a pu s'exécuter nuit et jour sans interruption. Les cultures ont été arrosées avec des pompes à feu de 200 et de 400 chevaux. Ajoutez à ces moyens de Titans la puissance d'un soleil qu'aucun nuage n'obscurcit jamais, et vous aurez une faible idée de ce que peut l'Égypte.

Qu'à un moment donné, par suite d'une baisse de prix, la culture du coton cesse d'être rémunératrice, la canne à sucre,

Digitized by Google

le sorgho, le lin, les légumineuses, les céréales, ne tarderont pas à le remplacer, et tous ces produits viendront exercer sur nos marchés une influence désastreuse pour notre propre agriculture si elle a négligé de s'armer pour la défense.

Mais il n'en sera point ainsi. Le grand exemple de l'Égypte excitera notre zèle, nous nous mettrons en mesure de produire abondamment et à bon marché toutes les récoltes que notre climat favorise, nous apprendrons à en extraire industriellement tous les produits utiles et nous cesserons de craindre la prospérité des autres, certains que nous serons de pouvoir l'égaler. Vous le voyez donc, messieurs, mon but, en allant étudier à l'étranger les conditions de la production agricole, était autant économique que scientifique, et la solution des questions que j'ai posées en commençant n'importe pas seulement à notre curiosité, mais encore à nos plus chers intérêts.

Ces considérations me ramènent au fond même de mon sujet, c'est-à-dire à l'exposition des principes qui nous conduiront un jour à lutter avantageusement contre toutes les concurrences.

Si au lieu de considérer le végétal dans ses formes extérieures, ou dans le jeu de ses organes comme le font les botanistes et les physiologistes, nous l'envisageons, dans son ensemble, comme une machine de production, nous sommes conduits à nous demander quels sont les matériaux qu'il met en œuvre et à quelles sources il peut les puiser. A ce point de vue, un premier fait nous frappe; c'est que tous les végétaux, quelles qu'en soient la taille, la forme ou les propriétés, lorsqu'ils sont soumis à l'analyse chimique, se résolvent dans un petit nombre d'éléments toujours les mêmes et parfaitement définis.

Ce sont :

| | |
|---|---|
| Le carbone..... | Éléments organiques. |
| L'hydrogène..... | |
| L'oxygène..... | |
| L'azote..... | |
| Le phosphore..... | Éléments minéraux. |
| Le soufre..... | |
| Le chlore..... | |
| Le silicium..... | |
| Le potassium..... | |
| Le sodium..... | |
| Le calcium..... | |
| Le magnésium..... | |
| Le fer..... | |
| Le manganèse..... | |
| L'aluminium?..... | |

Ces corps, que nous désignerons dorénavant sous le nom générique d'éléments de la production végétale se divisent en deux groupes : 1° Les éléments organiques ainsi nommés parce qu'ils forment à eux seuls les 95 centièmes environ de la matière végétale. 2° Les éléments minéraux qui ne s'y rencontrent qu'en faibles proportions et qui dérivent de l'écorce solide du globe. L'action du feu fournit un moyen pratique pour les séparer les uns des autres. Les éléments organiques se dissipent dans l'atmosphère à l'état de gaz et de vapeurs constituant la fumée, tandis que les éléments minéraux restent à l'état de cendres.

Toute la végétation dérive en dernière analyse de ces quinze éléments qui se rencontrent toujours tous dans tous ses représentants. Sous ce rapport, les végétaux présentent une remarquable simplicité de composition. Cependant la variété y est infiniment plus grande que dans les minéraux. Ce fait pourrait nous surprendre si nous ne savions quelle étonnante quantité de pensées et de mots on peut écrire à l'aide d'un petit nombre de lettres, ou quelle infinité de nombres s'expriment au moyen des dix chiffres de la numération.

Les différences que présente la composition des végétaux résident exclusivement dans la proportion des éléments et dans la manière dont ils sont groupés ou répartis. Si donc nous faisons abstraction des forces qui déterminent ce groupement et cette proportion, nous pouvons considérer tous les végétaux comme des combinaisons chimiques particulières des éléments que nous avons énumérés. Partant de cette idée, établissons entre les végétaux et les minéraux un parallèle qui aura l'avantage de préciser les ressemblances et les dissemblances, et, par conséquent, de jeter une grande clarté dans la suite de nos études.

Les uns et les autres sont formés par la combinaison chimique de leurs éléments, sollicités par leurs affinités réciproques; mais tandis que les minéraux n'en contiennent jamais qu'un très-petit nombre, quatre ou cinq tout au plus, lesquels varient d'un minéral à un autre, le végétal, au contraire, offre toujours et partout une composition qualitative identique.

Au point de vue des propriétés nous trouvons de grandes dissemblances. Les propriétés du minéral rappellent toujours, dans une certaine mesure, celles de ses constituants; tous les sulfates, par exemple, précipitent en blanc par le chlorure de baryum, propriété qu'ils doivent à l'acide sulfurique qu'ils renferment; tous les sels de chaux tiennent de cette terre alcaline la faculté de précipiter, également en blanc, par l'oxalate d'ammoniaque. Chez les végétaux, rien de semblable. Aucun élément n'y conserve une individualité suffisante pour qu'il soit possible de retrouver la moindre trace de ses propriétés. Sans doute on peut extraire le carbone d'un végétal : il suffit pour cela de le chauffer en vase clos; mais alors le végétal est lui-même détruit sans retour. La combinaison est si intime, qu'il ne peut y avoir de sensibles que les propriétés de l'ensemble; les végétaux représentent donc, en quelque sorte, un degré supérieur de combinaison.

Sous le rapport de leur mode de formation, les végétaux et les minéraux se ressemblent en ce que tous se produisent par la réunion, sous l'influence des affinités chimiques d'éléments divers et étrangers les uns aux autres. Mais, tandis que, chez les minéraux, l'affinité seule préside à la combinaison, dans les végétaux, au contraire, se rencontre une force nouvelle d'ordre supérieur et qui imprime à l'affinité une direction spéciale, comme le gouvernail d'un navire détermine la ligne sur laquelle doit l'entraîner la force propulsive de sa machine à vapeur.

Prenez deux graines de même espèce et de même poids, enlevez à chacune un morceau de même poids également; seulement, pour l'une d'elles, ayez soin que l'embryon fasse partie du fragment supprimé, tandis que dans l'autre il reste intact. Placez ensuite les deux graines sur une éponge imbibée d'eau, et vous constaterez que la graine sans embryon ne tarde pas à tomber en pourriture, pendant que l'autre germe et produit au contraire un végétal pourvu de feuilles et de racines, et capable d'absorber par les unes ou par les autres tous les produits qui résultent de la décomposition de la première. Nous voilà en présence de deux masses matérielles, de même composition, entre lesquelles la chimie ne peut signaler aucune différence, et qui, placées

Digitized by Google

dans les mêmes conditions, produisent des phénomènes diamétralement opposés : d'un côté, la mort ; de l'autre, la vie.

Il faut donc reconnaître que cet embryon, que nous avons supprimé dans la première graine, est la cause des phénomènes qui s'accomplissent dans la seconde. Grâce à la force dont il est le siége, les éléments du sol et de l'atmosphère sont attirés dans le végétal pour y passer par une série de transformations successives que nous décrirons bientôt, et pour y devenir enfin partie constitutive de ses tissus.

Dans la prochaine séance, nous poursuivrons ce parallèle et nous montrerons, en discutant la répartition dans les végétaux des éléments qui constituent leur partie minérale, qu'elle est soumise à des lois précises et invariables avec autant de rigueur que les combinaisons chimiques en mettent à obéir à la loi des équivalents et des proportions multiples.

H. Joulie, pharmacien en chef de l'hôpital Saint-Antoine.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### VIII.

**Chaleur de combinaison.**

Nous allons nous occuper aujourd'hui des quantités de chaleur dégagées dans les combinaisons chimiques.

Pour donner à cette question toute son importance, il est nécessaire de pouvoir dégager les relations générales existant entre les nombres qui sont donnés par expérience pour les diverses réactions; or, ces chiffres ne sont pas directement comparables les uns aux autres, parce qu'ils représentent la somme de divers effets dus à des causes complexes. En effet, la chaleur dégagée par les actions physiques, telles que les changements d'états et de chaleurs spécifiques, viennent d'ordinaire s'ajouter à la chaleur produite par les actions chimiques véritables. Il faut donc apprécier ce qui appartient à chaque action, et, pour cela, il est nécessaire de prendre des points de départ fixes.

Notre point de départ sera celui-ci :

La quantité de chaleur dégagée dans une réaction chimique est toujours la même, quand l'état initial et l'état final sont les mêmes.

Ce principe, vérifié par expérience, est une conséquence immédiate du principe de l'équivalence mécanique de la chaleur. L'identité d'état initial (et final) qu'il exige, comprend à la fois les conditions physiques et les conditions chimiques, sans en excepter aucune.

On conçoit, d'après cela, qu'autant que possible il sera préférable de comparer les corps sous un même état physique, par exemple sous l'état gazeux. C'est ainsi que si l'on veut déterminer la chaleur de combustion du chlore et de l'hydrogène, tous deux gazeux, on obtient l'acide chlorhydrique à l'état de gaz; de cette manière, on élimine en grande partie les perturbations dues aux causes physiques. De même, lorsque de l'oxygène et de l'hydrogène se combinent pour former de l'eau, ce corps devra être considéré de préférence à l'état gazeux, et non à l'état liquide; surtout si l'on veut comparer la formation de l'eau avec celle de l'acide chlorhydrique, $H^2S^2$. De même, pour étudier la formation de l'acide sulfhydrique, comparativement à celle de l'eau, $H^2O^2$, on ne doit pas comparer la réaction exécutée par l'hydrogène *gazeux* sur l'oxygène *gazeux*, formant de l'eau *liquide*, à la réaction du *soufre solide* sur l'hydrogène *gazeux*, formant de l'acide sulfhydrique *gazeux*.

Il y a plus. Étant donnés deux corps gazeux, ils ne sont pas toujours strictement comparables, car il arrive souvent que les chaleurs spécifiques d'un même corps sont très-différentes, suivant la température. Nous reviendrons sur ce point.

Un corps *liquide* n'est pas non plus strictement comparable à un corps *dissous*. Par exemple, la dissolution de l'acide sulfureux, $S^2O^4$, dégage 7700 calories, et sa liquéfaction 6000 seulement. Ces deux états diffèrent également de celui d'un corps qui se trouve *en contact avec une substance poreuse ;* en effet, le même acide sulfureux, $S^2O^4$, condensé par le charbon, dégage 9000 calories.

Voici maintenant un autre exemple qui montrera la diversité des conditions dans lesquelles un même composé peut prendre naissance, et l'importance calorifique de ces conditions. On sait que l'ammoniaque et l'acide chlorhydrique se combinent et forment un composé, le chlorhydrate d'ammoniaque, solide à la température ordinaire. Or, la quantité de chaleur dégagée sera différente, si l'on opère avec ces divers corps à l'état de gaz ou à l'état de dissolution.

Donnons quelques nombres relatifs à cette combinaison.

1° Le gaz chlorhydrique, s'unissant au gaz ammoniac à la température ordinaire, pour former du chlorhydrate d'ammoniaque solide, dégage, pour 1 équivalent du sel ($AzH^3,HCl = 53^{gr},5$), environ 42 000 calories (1).

2° Si l'on combine les deux gaz en présence d'une quantité d'eau capable de dissoudre le chlorhydrate formé, on obtiendra seulement 38 500 calories, parce que le chlorhydrate d'ammoniaque absorbe la chaleur en se dissolvant.

3° Si l'on dissout dans l'eau à l'avance le gaz ammoniac, en laissant se dégager la chaleur qui résulte de

(1) Voyez les numéros 27, 28, 29 et 30 ; et pour le cours du premier semestre, les numéros 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

(1) MM. Favre et Silbermann ont trouvé 40 000 environ par expérience directe. La différence est due, sans doute, à l'accumulation des erreurs commises sur les chaleurs de dissolution. Leur mémoire renferme d'ailleurs une faute d'impression.

Digitized by Google

cette dissolution, on obtiendra ensuite, par la réaction du gaz chlorhydrique et la formation du chlorhydrate d'ammoniaque dissous, 30 000 calories.

4° Si l'on dissout dans l'eau, à l'avance, le gaz chlorhydrique, en laissant se dégager la chaleur qui résulte de cette dissolution, on obtiendra, par la réaction du gaz ammoniac et la formation du sel ammoniac dissous, 22 000 calories.

5° Enfin, les deux gaz dissous à l'avance dans l'eau, et formant le chlorhydrate d'ammoniaque dissous, dégageront seulement 13 500 calories.

Les faits suivants montrent, au contraire, comment des combinaisons analogues peuvent fournir des quantités de chaleur comparables, en les prenant sous des états physiques semblables. Si l'on combine divers acides concentrés avec une même base solide, avec la potasse par exemple, on obtiendra des dégagements de chaleur fort différents : mais si, au lieu de prendre ces acides isolés, on les dissout à l'avance dans une quantité d'eau telle qu'une nouvelle addition ne développe plus de chaleur, et si la base est également dissoute à l'avance dans une quantité d'eau analogue, on arrive à ce résultat remarquable, que les divers acides, en se combinant avec une même base, dégagent des quantités de chaleur peu différentes, bien entendu, le produit de la réaction restant dissous.

Voici des nombres empruntés à MM. Favre et Silbermann :

La formation :

| | | | |
|---|---|---|---|
| du sulfate de potasse | $SO^3KO$ dissous dégage | 16 100 | calories. |
| de l'azotate ..... | $AzO^5KO$ ..... | 15 500 | |
| du chlorure..... | $KO$..... | 15 700 | |
| du bromure..... | $KBr$..... | 15 500 | |
| de l'iodure..... | $KI$..... | 15 700 | |
| de l'acétate ..... | $C^4H^3KO^4$..... .. | 14 000 | |
| de l'oxalate. ..... | $\frac{1}{2}C^4K^2O^8$..... . | 14 200 | |
| du tartrate..... | $\frac{1}{2}C^8H^4K^2O^{12}$..... | 13 400 | |

Même remarque pour les sels de soude, d'ammoniaque, de chaux, de baryte (solubles). De plus, les quantités de chaleur dégagées par ces diverses bases, en s'unissant avec un même acide, ne diffèrent pas davantage entre elles, pour des poids équivalents. Ainsi la formation d'un équivalent d'un sel alcalin en dissolution produit des quantités de charbon comprises entre 13 000 et 17 000 comme valeurs extrêmes, et qui seraient probablement tout à fait identiques, si l'on pouvait amener l'état des corps à être absolument comparable.

Il n'est donc pas indifférent, d'après ce qui précède, de comparer les corps dans tel ou tel état, puisque les résultats calorifiques peuvent varier dans des limites fort étendues.

Examinons de plus près l'influence des conditions physiques proprement dites, telles que la pression, la température, etc.

Soit la pression. Supposons qu'il s'agisse de corps gazeux, par exemple l'hydrogène et l'oxygène, lesquels peuvent être regardés comme des gaz parfaits. Si les deux gaz sont mêlés dans un réservoir, et comprimés à l'avance, par exemple à 10 atmosphères, on peut comparer la chaleur dégagée lors de la combinaison, qui s'effectue ensuite dans le réservoir même, avec celle que produirait cette même combinaison effectuée sous la pression d'une atmosphère. Eh bien, la quantité de chaleur dégagée dans les deux cas n'offrira aucune différence sensible. Ceci résulte de notre principe général. En effet, nous pouvons prendre les gaz comprimés à 10 atmosphères, et les laisser se détendre dans une capacité vide dix fois aussi considérable; il résulte, des expériences de Joule, que cette détente ne donne lieu à aucun dégagement sensible de chaleur. C'est là un fait d'expérience; c'est aussi une conséquence de la théorie des gaz parfaits. Il résulte de là que la combinaison des deux gaz, dans les deux états indiqués de condensation, dégage précisément la même quantité de chaleur. Car la différence, si elle existait, devrait représenter la chaleur dégagée au moment de la détente.

Les choses se passeraient un peu différemment, s'il s'agissait de gaz imparfaits, et dont la chaleur spécifique peut changer avec la pression. Mais nous n'entrerons pas dans ce détail.

Au contraire, il est essentiel de faire remarquer que, si l'on comprimait d'avance les deux gaz dans des récipients séparés (ou dans le même récipient), et si on les dégageait au dehors, en enflammant le mélange lancé dans l'atmosphère, la quantité de chaleur produite serait plus considérable que si les deux gaz étaient préalablement mélangés en un vase clos, et combinés dans ce même vase. En effet, dans ce nouveau cas, les gaz sont lancés dans l'atmosphère avec une certaine vitesse, qui est détruite en partie, parce qu'elle se communique aux gaz atmosphériques en partie, par l'effet de la condensation de la vapeur d'eau produite. Le résultat de cette destruction de vitesse sera un dégagement de chaleur qui s'ajoutera à celui que produit la combustion.

Mais si le mélange d'hydrogène et d'oxygène, au lieu de se combiner peu à peu, et sans produire d'effets mécaniques notables sur les corps extérieurs, se combinait en masse et avec détonation, il y aurait disparition d'une certaine quantité de chaleur, correspondante aux effets mécaniques développés par l'explosion. Vous voyez qu'il faut tenir compte, non-seulement de l'état des corps, mais encore des mouvements dont ils peuvent être animés.

Examinons maintenant l'influence de la température sur les quantités de chaleur dégagées dans les réactions.

Cette influence peut être discutée sous deux points de vue bien différents : au point de vue de la température à laquelle la réaction est déterminée, et au point de vue de la température à laquelle on mesure les quantités de chaleur dégagées.

1° Qu'arrive-t-il quand une combinaison est déterminée à des températures différentes? 2 volumes d'hydrogène et 1 volume d'oxygène chauffés ensemble sans

Digitized by Google

intermédiaire se combinent seulement à une température comprise entre 400 et 500 degrés; cependant ces deux mêmes gaz peuvent être combinés au-dessous de 100 degrés, sous l'influence de la mousse de platine ajoutée pendant l'expérience. D'ailleurs la combinaison peut se faire dans ce dernier cas avec inflammation du mélange. Elle peut aussi s'opérer sans que le mélange entre en ignition. La quantité de chaleur dégagée est-elle la même dans ces divers cas?

On doit répondre que les quantités de chaleur dégagées sont toujours égales, si l'hydrogène et l'oxygène sont à la même température, au commencement de l'expérience, et si l'eau produite est à la même température à la fin, quelle que soit la température à laquelle la combinaison a été déterminée. C'est là, du reste, une conséquence directe de notre principe général de l'équivalence calorifique des transformations chimiques. L'étude comparée des réactions par voie sèche et par voie humide la confirme continuellement.

2° Mais on peut considérer aussi le cas où les températures initiales et finales ne sont pas les mêmes. Comparons, par exemple, la formation de l'eau par l'union de l'oxygène et de l'hydrogène à 0 degré, ou à 100 degrés. Ici les quantités de chaleur sont souvent fort différentes. Nous touchons au point le plus délicat, en ce qui touche la comparaison des affinités; aussi faut-il entrer dans des détails étendus pour bien faire saisir tout ce qui se rapporte à cet ordre de faits.

Prenons, par exemple, la formation de l'eau, qui présente l'un des cas dans lesquels les données physiques sont connues avec une grande rigueur dans une certaine étendue de l'échelle thermométrique, grâce aux expériences de M. Regnau't. Étudions la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène, en supposant que l'on mesure les quantités de chaleur à différentes températures, à — 80, à 0, à 100 et 200 degrés, par exemple.

Quelles sont, à ces températures, les quantités de chaleur dégagées, lorsque 2 grammes d'hydrogène se combinent avec 16 grammes d'oxygène, pour former 18 grammes d'eau, $H^2O^2$?

Prenons d'abord une formule générale. Soit $Q_t$ la quantité de chaleur dégagée à la température $t$; soit $Q_{t'}$ la quantité dégagée à la température $t'$ : il s'agit de savoir quelle est la relation qui existe entre ces deux quantités.

Soit $t'$ moins élevée que $t$.

Nous pouvons opérer la réaction de deux manières différentes :

1° Déterminer la réaction et en mesurer les effets calorifiques à la température la plus basse, $t'$; nous obtiendrons ainsi $Q_{t'}$.

2° Nous pouvons encore porter le système initial, sans changement chimique, de $t'$ à $t$, ce qui répond à une absorption de chaleur, U; puis déterminer la réaction, et mesurer les effets calorifiques à $t$, ce qui fournit $Q_t$; enfin, ramener les produits de la réaction, sans nouveau changement chimique, de $t$ à $t'$, ce qui répond à un dégagement de chaleur, V. Les états initiaux et finaux étant les mêmes dans ces deux procédés, les quantités de chaleur dégagées (ou absorbées) seraient les mêmes; d'où :

$$Q_{t'} = Q_t - U + V.$$

En d'autres termes, la quantité de chaleur dégagée à la température la plus basse est égale à la quantité dégagée à la température la plus haute, diminuée de la quantité de chaleur physiquement absorbée par le système des corps initiaux entre les deux températures, et augmentée de la quantité de chaleur dégagée physiquement par le système final, entre les mêmes températures.

On tire encore de là, par une simple transposition :

$$Q_t = Q_{t'} + U - V.$$

Cette formule s'applique à toute espèce de réaction. Nous allons en développer les applications à la formation de l'eau à 0 degré, sous les trois états, solide, liquide, gazeux :

A — 80 degrés, sous forme solide;

A + 100 degrés, sous forme liquide et gazeuse;

Enfin à + 200 degrés, sous forme liquide, sous forme de vapeur saturée, et sous forme de gaz proprement dit.

Les principaux effets relatifs aux changements d'état deviendront ainsi faciles à comprendre.

1° Nous admettrons comme point de départ que la quantité de chaleur dégagée à 0 degré est égale à 69 000 calories, lors de la formation d'une molécule d'eau *liquide*, soit 18 grammes :

$$H^2 + O^2 = H^2O^2,$$
$$2^{gr} + 16 = 18.$$

Mais l'eau à 0 degré peut être considérée sous trois formes, à l'état liquide, solide ou gazeux.

Considérons-la d'abord à l'état *solide*. En se solidifiant, l'eau abandonne une quantité de chaleur égale à

$$79 \times 18 = 1422.$$

Par conséquent, l'oxygène et l'hydrogène, en se combinant pour donner de la glace à 0 degré, dégagent

69 000 + 1422, c'est-à-dire 70 400 calories.

Pour avoir de l'eau à 0 degré et à l'état *gazeux*, il suffit d'opérer sous une pression inférieure à 5 millimètres de mercure, d'après les nombres donnés par M. Regnault relativement à la tension de la vapeur d'eau. Dans de telles circonstances, la chaleur absorbée par 1 gramme d'eau liquide pour prendre l'état gazeux, toujours d'après M. Regnault, est égale à 606 calories. On a dès lors :

$$606 \times 18 = 10\,908.$$

Il faut retrancher cette quantité de 69 000, ce qui donne environ

58 100 calories

pour la formation de l'eau gazeuse (sous forme de vapeur saturée) à 0 degré.

Digitized by Google

Ainsi, à une même température, la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène, suivant qu'elle donnera lieu à un corps solide liquide ou gazeux, dégagera des quantités de chaleur égales à 70 400, 69 000 ou 58 100 calories. Ces variations montrent toute l'importance de l'état physique des corps, et comment les déplacements réciproques produits par les affinités, en raison des quantités de chaleur auxquelles celles-ci peuvent donner lieu, sont susceptibles d'être influencés par ces mêmes changements d'état.

Mais revenons à la chaleur produite par la formation de l'eau à diverses températures.

2° Soit l'eau solide à — 80 degrés :

$$Q_{-80} = Q_0 - U + V.$$

U représente la chaleur absorbée par les éléments en passant de — 80 degrés à 0 degré. Or, 1 gramme d'hydrogène absorbe par degré 3,41 ; 2 grammes d'hydrogène, 6,82. Nous appellerons ce produit, lequel répond à 4 volumes d'hydrogène, la *chaleur spécifique atomique*. D'autre part, 1 gramme d'oxygène absorbe par degré 0,217; donc 16 grammes absorbent 3,48. Ainsi la chaleur spécifique des éléments d'une molécule d'eau est égale à 6,82 + 3,48 = 10,30. Donc de — 80 degrés à 0 degré, la quantité de chaleur absorbée par ces éléments est égale à 10,30 × 80; ce qui donne enfin

$$U = 824 \text{ calories.}$$

Maintenant calculons V. V représente la chaleur dégagée par le composé, c'est-à-dire par l'eau, en passant de 0 degré à — 80 degrés. Pour avoir la valeur de V, observons que 1 gramme d'eau solide absorbe en moyenne, dans cet intervalle et par degré, 0,474; donc 18 grammes : 0,474 × 18 = 8,53. Tel est le dégagement qui répond à cet abaissement de 1 degré. Pour — 80 degrés on a :

$$V = 8{,}53 \times 80 = 683.$$

Donc, enfin, le terme qu'il faut joindre à la chaleur de formation de l'eau solide prise à 0 degré pour passer à — 80 degrés est

$$-U + V = -824 + 683 = -141.$$

Ainsi la chaleur dégagée à — 80 degrés par la formation d'une molécule d'eau solide sera égale à

$$70\,420 - 140 = 70\,280.$$

La chaleur dégagée à — 80 degrés est donc un peu plus faible que la chaleur dégagée à 0 degré. Elle est plus faible, parce que la chaleur spécifique de l'eau solide est plus petite que celle qui répond à la somme de ses éléments. En élevant la température de la glace, la chaleur spécifique de l'eau augmente de — 80 degrés à 0 degré; par conséquent, dans ces limites, la quantité de chaleur dégagée par la formation de l'eau augmente progressivement.

3° Voyons maintenant quelle est la chaleur dégagée à 100 degrés, l'eau étant successivement considérée sous les états de liquide et de gaz (vapeur saturée). Ici

$$Q_0 = Q_{100} - U + V,$$

c'est-à-dire

$$Q_{100} = Q_0 + U - V.$$

Il faut porter l'oxygène et l'hydrogène de 0 degré à 100 degrés, ce qui donne, pour la quantité de chaleur U :

$$U = 10{,}30 \times 100 = 1030.$$

D'autre part, 1 gramme d'eau, en s'abaissant de 100 degrés à 0 degré, dégage

$$V = 18 \times 100 = 1800,$$
$$U - V = +1030 - 1800 = -770.$$

Donc on aura pour la chaleur latente dégagée par la formation de l'eau *liquide* à 100 degrés :

$$69\,000 - 770 = 68\,230.$$

Supposons à présent que l'eau prenne l'état *gazeux* à 100 degrés (vapeur saturée). 1 gramme d'eau, pour se volatiliser, absorbe 536 calories; donc 18 grammes absorbent 536 × 18 = 9648 calories. On aura donc, pour la chaleur dégagée à 100 degrés par la formation de l'eau gazeuse :

$$69\,000 - 9648 = 58\,585, \text{ ou } 58\,600 \text{ en nombre rond.}$$

4° Afin de compléter ces résultats, calculons la chaleur dégagée à 200 degrés, soit que l'eau produite reste liquide, ce qui peut avoir lieu sous une pression supérieure à 15 atmosphères 1/2, soit qu'elle prenne l'état de vapeur saturée, ou bien enfin l'état gazeux proprement dit.

En faisant les calculs d'après les chaleurs spécifiques et latentes déterminées par M. Regnault, on trouve que la formation de l'eau *liquide* à 200 degrés dégage

$$67\,400 \text{ calories.}$$

Ainsi la chaleur de formation de l'eau liquide diminue continuellement de 0 degré à 200 degrés : résultat dû à ce que la chaleur spécifique de l'eau prise sous cette forme est plus grande que celle qui répond à la somme de ses éléments. L'eau solide avait donné lieu à l'observation opposée.

La formation de l'eau gazeuse à 200 degrés (vapeur saturée sous une pression d'environ 15 atmosphères 1/2 répond à 58 960 calories.

Enfin la formation de l'eau gazeuse à 200 degrés, sous la pression normale de $0^m,76$, répond à 58 765 (1).

La chaleur dégagée par la formation de l'eau en vapeur saturée à 200 degrés est donc plus grande que la chaleur dégagée par la formation de l'eau sous la forme de gaz proprement dit.

Si nous comparons les quantités de chaleur dégagées par la formation de l'eau gazeuse en vapeur saturée, nous trouvons :

| | | |
|---|---|---|
| A 0° | (pression $5^{mm}$ environ). | 58 100 |
| A 100 | ..... $760^{mm}$ ..... | 58 600 |
| A 200 | ..... 760 × 15,5.... | 58 960 |

Ces quantités vont donc en croissant. Mais elles ne répondent pas à une même pression.

(1) En admettant que la chaleur spécifique de la vapeur entre 100 degrés et 120 degrés soit égale à 0,48, sous une pression de $0^m,76$ : ce qui n'est pas tout à fait exact. Mais l'erreur est négligeable dans nos calculs.

Digitized by Google

De même, les quantités de chaleur dégagées par la formation de l'eau gazeuse sous une même pression croissent avec la température, phénomène inverse de celui que présente l'eau liquide. Ainsi, sous la pression atmosphérique, la formation de l'eau gazeuse :

| | | |
|---|---|---|
| A 100°, répond à..... | 58 600 |
| A 200 — à.... | 58 765 |

Cet accroissement résulte de ce que la chaleur spécifique de l'eau gazeuse entre ces limites (0,480 pour l'unité de poids, c'est-à-dire 8,65 pour une molécule = 18) est moindre que celle qui répond à ses éléments (10,30). D'où il suit que dans la formule

$$Q_t = Q_r + U - V,$$

le terme U, relatif aux éléments, l'emporte sur le terme V, relatif au composé.

Le tableau suivant résume l'ensemble d'observations relatives à la formation de l'eau :

| | A — 80°. | A 0°. | A 100°. | A 200°. | |
|---|---|---|---|---|---|
| Eau solide. | 70 280 | 70 400 | » | » | Croît régulièrement avec l'élévation de température. |
| Eau liquide. | » | 69 000 | 68 200 | 67 400 | Décroît id. |
| Eau gazeuse — Vapeur saturée (pression variable). | | 58 100 | 58 600 | 58 960 | Croît id. |
| Eau gazeuse — Pression atmosphérique | | » | 58 600 | 58 760 | Croît id. |

Si nous voulions calculer la chaleur dégagée par la formation de l'eau gazeuse à une température plus élevée, par exemple à 500 degrés, nous pourrions faire le calcul en partant de la chaleur spécifique de l'eau gazeuse déterminée entre 100 degrés et 200 degrés. Nous trouverions ainsi un dégagement de 500 calories, environ 59 250. Mais ce chiffre est certainement trop fort, pour des raisons qui seront exposées tout à l'heure. Quoi qu'il en soit, il résulte de ce qui précède que les principales variations dans la chaleur de formation de l'eau sont dues aux changements d'état, et surtout à la formation de la vapeur d'eau.

Ici se présente une question du plus haut intérêt. Pouvons-nous arriver à un état tel que la chaleur dégagée dans la formation d'un composé soit indépendante de la température?

Je pense qu'il en est ainsi. En effet, pour que cet état soit réalisé, deux conditions sont suffisantes, savoir :

1° Que la chaleur spécifique du composé et celles des composants soient indépendantes de la température;

2° Que la chaleur spécifique du composé soit égale à la somme des chaleurs spécifiques des éléments.

Or, ces conditions semblent pouvoir être réalisées toutes deux, lorsque l'on considère les corps à l'état gazeux parfait, état qui semble toujours réalisable dans le cas où le composé présente une stabilité suffisante pour pouvoir résister à l'influence d'une température convenablement élevée.

Montrons d'abord jusqu'à quel point ces conditions théoriques peuvent être remplies réellement pour un certain nombre de gaz. Soit d'abord l'acide carbonique :

| | | |
|---|---|---|
| A + 30°, 1 gramme absorbe | 0,187 |
| A + 100 — | 0,214 |
| A + 200 — | 0,239 |

A partir de 200 degrés, on peut admettre que la chaleur spécifique de ce gaz devient sensiblement fixe et indépendante de la température. Or, en même temps qu'elle remplit cette première condition, elle remplit aussi la seconde; car, à 200 degrés, la chaleur spécifique de l'acide carbonique est sensiblement la somme des chaleurs spécifiques des gaz composants. En effet, on a pour la chaleur spécifique d'une molécule d'acide carbonique, d'après la chaleur spécifique moyenne entre 0 degré et 200 degrés :

$$0,217 \times 44 = 9,45;$$

et d'après la chaleur spécifique à 200 degrés :

$$0,24 \times 44 = 10,5.$$

Or, l'acide carbonique peut être formé par l'union de l'oxygène et de l'oxyde de carbone :

$$C^2O^2 + O^2 = C^2O^4.$$

La chaleur spécifique de

| | | |
|---|---|---|
| $C^2O^2$ donne | $28 \times 0,245 =$ | 6,86 |
| Celle de $O^2$ — | $16 \times 217 =$ | 3,48 |
| | Total.... | 10,34 |

Si l'on connaissait la chaleur spécifique du carbone à l'état de gaz, il est probable que l'on arriverait au même résultat, en considérant l'acide carbonique comme formé d'oxygène et de carbone.

Venons à un autre exemple. Pour la vapeur d'eau, la chaleur spécifique moyenne de la molécule entre 120 degrés et 220 est égale à $0,48 \times 18 = 8,65$, celle des éléments étant 10,3. Ainsi l'eau gazeuse présente une chaleur spécifique un peu plus faible que celle de ses éléments; mais cette chaleur est prise à partir d'un terme trop voisin du point d'ébullition, pour ne pas croître avec la température, et l'on peut admettre que vers 300° ou 400° cette chaleur spécifique différerait peu de 10,3.

Soit maintenant le deutoxyde d'azote, $AzO^2$. Dans ce gaz, qui est comparable aux gaz parfaits, l'azote et l'oxygène sont unis sans condensation, et sa chaleur spécifique est égale à 0,232; celle de son équivalent :

$$30 \times 0,232 = 6,96.$$

Or, on a :

$$\left.\begin{array}{l} Az = 0,243 \times 14 = 3,40 \\ O^2 = 0,2175 \times 16 = 3,48 \end{array}\right\} = 6,88.$$

Les deux gaz se comportent donc comme s'ils étaient simplement juxtaposés. La quantité de chaleur absorbée par 2 litres de deutoxyde d'azote est égale à la chaleur absorbée par 1 litre de chacun des deux gaz composants, ce qui est précisément conforme à notre hypothèse.

Soit maintenant l'oxyde de carbone $C^2O^2 = C^2 \times O^2$:

$$0,245 \times 28 = 6,86.$$

Puisqu'il compte parmi les gaz parfaits, il est probable que sa chaleur spécifique diffère très-peu de celle de ses éléments, ce qui permet d'en déduire la chaleur spéci-

Digitized by Google

fique atomique du carbone à l'état gazeux. D'où il suit que

$C^2 = 12$ grammes auraient pour chaleur spécifique 6,86 — 3,48, 3,48 répondant à $O^2$, ce qui fait, pour $C^2$, 3,4 environ.

Or, ce chiffre est précisément le même produit fourni par l'oxygène, et en général par les corps simples à volumes gazeux équivalents. C'est donc là une nouvelle vérification de l'hypothèse.

Le protoxyde d'azote, $Az^2O^2 = 44$, exige $0,226 + 44 = 9,94$ calories.

Or, les éléments répondent :

$$\begin{array}{r} Az^2 \text{ à } 6,83 \\ O^2 \text{ à } 3,48 \\ \hline 10,31 \end{array}$$

Entre 10,3 et 9,94 la différence est faible, et elle s'explique parce que le protoxyde d'azote n'est pas encore arrivé à son état parfait, car il est facilement liquéfiable.

Pour l'acide sulfureux $S^2O^4$, gaz plus facilement liquéfiable, on a 9,86, au lieu de 10,3, etc.

Nous sommes donc autorisés à admettre que dans les gaz composés, formés d'éléments gazeux, toutes les fois qu'ils peuvent être portés à une température assez haute, la chaleur spécifique atomique du composé devient égale à la somme de celles des gaz composants et indépendante de la température.

A partir de ce terme,

$$U = V.$$

C'est-à-dire que les quantités de chaleur absorbées physiquement par le composé, dans un intervalle quelconque de température, sont égales aux quantités absorbées par ses éléments dans le même intervalle. Dès lors *la chaleur de combinaison devient indépendante de la température.*

Dans de telles conditions, les combinaisons deviennent comparables, au point de vue des chaleurs qu'elles dégagent : c'est alors seulement que les chaleurs dégagées seront désignées par nous sous le nom de *chaleurs atomiques de combinaison.*

Pour l'eau, $H^2O^2 = H^2O^2$, elle répondrait à 59 000 environ.

Pour l'acide carbonique, en tant que formé par l'oxyde de carbone,

$$C^2O^2 + O^2 = C^2O^4,$$

elle répondrait à 69 000.

C'est là une notion fondamentale à laquelle il faut rapporter toutes les réactions, si l'on veut apprécier d'une façon exacte les effets dus aux affinités chimiques ; car alors seulement on se place en dehors des variations dues aux circonstances purement physiques.

Il résulte de ces considérations que les quantités de chaleur dégagées ou absorbées dans les actions chimiques peuvent être envisagées comme formées de deux termes, savoir :

1° La chaleur atomique, due à la réaction elle-même, c'est-à-dire au seul jeu des affinités.

2° La chaleur due aux changements d'état et aux modifications physiques des corps. Ce sont ces dernières conditions qui font varier les quantités de chaleur dégagées dans une même combinaison, observée dans différentes circonstances.

Il est possible que la chaleur de combinaison atomique, telle que je viens de la définir, se retrouve dans des conditions différentes de l'état gazeux parfait. En effet, nous avons vu que la formation des sels solubles par l'action d'une base soluble sur un acide soluble donne lieu à des dégagements de chaleur qui diffèrent très-peu les uns des autres. J'ajouterai encore, à l'appui de cette notion, un autre fait général, à savoir, que les doubles décompositions entre sels dissous dans une grande quantité de liquide, avec formation de produits solubles, ne donnent pas lieu à un dégagement de chaleur sensible. Il résulte de là que les corps analogues au point de vue chimique, dissous dans un grand excès de liquide, perdent en grande partie leurs différences physiques : quelque grandes que soient les différences qui existent entre ces corps envisagés isolément, et qui distinguent, par exemple, le gaz ammoniac de la baryte caustique, et ce dernier de l'hydrate de potasse ; ou bien encore le gaz chlorhydrique de l'acide sulfurique liquide et de l'acide oxalique solide. Tous ces corps, une fois dissous, sont ramenés à des états presque comparables, et qui le deviendraient sans doute complétement à la limite. Peut-être retrouverait-on alors les chaleurs de combinaison atomique, telles que nous les avons définies tout à l'heure pour l'état gazeux parfait.

*Températures de combustion.*

Terminons par une application intéressante des notions précédentes.

On appelle *température de combustion* d'un mélange gazeux, la température que prendraient les gaz formés dans une réaction, si toute la chaleur dégagée était appliquée à les échauffer. C'est évidemment une limite théorique.

Si l'on prend les gaz composants à une température $t$ supérieure à celle à laquelle composants et composé sont des gaz parfaits, l'excès de température T que prendra le système sera donné par la formule

$$T = \frac{Q}{C}.$$

Q étant la chaleur de combinaison atomique, et C la chaleur spécifique atomique (rapportée au même poids). La température finale sera donc $T + t$, c'est-à-dire que *la température initiale s'ajoute à la température de combustion*, résultat qui explique l'emploi des gaz échauffés à l'avance dans l'industrie métallurgique.

Supposons maintenant les corps pris à une température initiale inférieure à celle de l'état gazeux parfait. S'ils possèdent ledit état à la température finale de la combustion, on pourra également poser

$$T = \frac{Q}{C'}.$$

Digitized by Google

Q et C étant définis comme ci-dessus, parce que les différences dues aux changements d'état et de chaleur spécifique se compensent exactement dans un calcul rigoureux. Cette remarque est essentielle et conduit à rectifier les températures de combustion données jusqu'à présent.

Voici deux exemples :

Oxyde de carbone et oxygène..... $T = \frac{69\,000}{10,5} = 6600°$

Oxyde de carbone et air ..... $T = 3000$

Hydrogène et oxygène..... $T = \frac{59\,000}{10,3} = 5700$

Hydrogène et air..... $T = 2600$

L'effet utile produit dans un phénomène qui a lieu à 2000 degrés, tel que la fusion du platine, sera donc presque double avec l'oxyde de carbone brûlant dans l'air, qu'avec l'hydrogène brûlant dans l'air.

Si l'on admet qu'à la température de la combustion, les gaz ne peuvent être entièrement combinés, en raison des phénomènes de dissociation, et conformément aux expériences de M. Deville sur la flamme de l'oxyde de carbone, il faut alors modifier les calculs précédents.

Supposons que la chaleur de combinaison correspondante à la partie qui se combine, demeure égale à la chaleur atomique de combinaison, et admettons que cette partie représente une fraction $m$ du poids total ; alors

$$T = m\frac{Q}{C_1^0}$$

$m$ pourrait être calculé par un simple problème de maximum, si l'on savait la relation qui existe entre la tension de dissociation et la température :

$$(1 - m) = f(t).$$

Observons encore que les phénomènes de dissociation ne changent pas l'effet utile des combustions, toutes les fois qu'ils ne s'exercent qu'à une température supérieure à celle à laquelle l'effet utile est produit.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### XXXIV.

**Action du curare sur le grand sympathique. — Distinction de la mort naturelle et de la mort par le curare.**

Depuis la dernière séance, nous avons fait de nouvelles expériences dans le but de poursuivre la comparaison dont nous avons déjà parlé entre la mort des nerfs par hémorrhagie, et la mort des nerfs par le curare. Nous étions naturellement conduits à cette comparaison par nos dernières expériences, qui prouvent que les propriétés vitales des nerfs moteurs disparaissent sous l'influence du curare, absolument de la même manière que dans la mort par soustraction du sang.

Mais ce qu'il y avait de particulier au curare, c'est qu'il ne détruisait que les nerfs moteurs en respectant les nerfs sensitifs et tous les autres tissus en général ; ces divers tissus ne perdraient donc leurs propriétés vitales que consécutivement et par l'asphyxie, qui était simplement la conséquence de la mort des nerfs moteurs, laquelle finissait par anéantir les mouvements respiratoires.

Il restait donc à voir si, dans la mort sans intervention d'aucun agent toxique, le nerf sensitif ne survivait pas également au nerf moteur comme dans l'empoisonnement par le curare. C'était là une question très-importante, car nous avons souvent dit ici que les poisons semblaient agir en précipitant ou en ralentissant l'action des propriétés physiologiques des tissus ; il était dès lors intéressant de voir si le curare n'agirait pas tout simplement en exagérant un phénomène ordinaire, et en le rendant plus rapide. C'était là, bien entendu, une hypothèse à contrôler par l'expérience, et que l'expérience seule pouvait juger. Or notre hypothèse, qui avait d'abord paru se vérifier, n'a pas été confirmée par de nouvelles recherches.

Une grenouille fut préparée de la même manière que nous le faisons d'ordinaire pour montrer que le curare frappe les nerfs moteurs, sans atteindre les nerfs sensitifs, c'est-à-dire que nous fîmes à la grenouille, par le milieu du corps, une ligature embrassant les vaisseaux et toutes les parties molles, moins les nerfs lombaires ; le sang artériel ne pouvait donc plus pénétrer dans le train postérieur pour le nourrir, tandis que l'influence nerveuse se transmettait facilement par les nerfs lombaires. La partie postérieure du corps devait donc périr d'inanition. Il s'agissait dès lors de suivre la mort des nerfs moteurs et sensitifs pour savoir quels étaient ceux qui perdraient les premiers leurs propriétés vitales.

Si les nerfs sensitifs avaient survécu aux nerfs moteurs comme dans l'empoisonnement par le curare, nous aurions pu, en pinçant ou en irritant les pattes postérieures, après la mort des nerfs moteurs de ces pattes, obtenir encore des mouvements, non plus, il est vrai, dans ces pattes elles-mêmes, puisqu'elles avaient perdu toute faculté motrice, mais dans les membres antérieurs où la motricité et la sensibilité étaient restées intactes. Mais ce résultat ne s'est pas manifesté, et nous avons constaté, qu'après un certain temps, le nerf sciatique, qui est un nerf mixte, à la fois moteur et sensitif, pouvait être irrité par l'électricité sans produire aucune douleur, tandis qu'il avait encore la propriété de faire contracter les muscles, ce qui prouve bien que les nerfs sensitifs de ces pattes étaient déjà morts.

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30 et 31.

Digitized by Google

Nous avions fait notre première expérience en empêchant l'accès du sang dans l'une seulement des deux pattes postérieures par la ligature de l'artère qui s'y distribuait. Il était probablement resté des anastomoses entre les branches de cette artère et le reste du système circulatoire : ce qui explique, sans doute, notre premier résultat différent de celui que nous avons obtenu ensuite en liant tout le corps, moins les deux nerfs lombaires, car alors aucune anastomose ne peut plus porter le sang dans les membres postérieurs.

Ainsi, la conclusion à laquelle nous nous arrêtons, c'est que le curare, bien qu'il agisse naturellement et physiologiquement ne détruit primitivement que les nerfs moteurs; les nerfs sensitifs, ainsi que les autres tissus, périssent ensuite consécutivement par asphyxie. Il résulte donc de là ce fait extrêmement curieux, que le sang ne perdrait ses propriétés nutritives que vis-à-vis du nerf moteur.

Nous passons maintenant à une autre question, et nous allons examiner l'action qu'exerce le curare sur le grand sympathique.

On a réparti les différents organes nerveux qui se rencontrent dans l'organisme, en deux grands systèmes distincts, le système cérébro-spinal et le système du grand sympathique. On a de même divisé les muscles en deux systèmes : l'un pour la vie animale et l'autre pour la vie organique. Mais il faut bien prendre garde de se laisser tromper par ces mots et de leur accorder une valeur qu'ils n'ont pas et ne peuvent avoir. Les mots, en effet, ne sont rien par eux-mêmes ; ils correspondent à des idées ou à des faits, et ce n'est qu'à ce point de vue qu'ils ont de l'importance. Nous allons voir que la distinction des deux systèmes nerveux, grand sympathique et cérébro-spinal, est très-difficile à justifier physiologiquement.

D'abord, on a discuté sur les limites anatomiques des deux systèmes. Les uns disent que le grand sympathique est indépendant du système cérébro-spinal, les autres soutiennent qu'il ne l'est pas. Nous ne voulons d'ailleurs nous attacher à distinguer, à l'aide du curare, les éléments organiques les uns des autres que par leurs propriétés physiologiques particulières, et par l'action de ce poison sur elles. Ainsi un muscle et un nerf diffèrent entre eux, parce que le curare qui détruit les propriétés du nerf ne touche pas à celles du muscle. Il nous serait impossible de conserver aucune notion de l'*identité* et de la *différence*, si nous admettions que des éléments organiques identiques peuvent réagir d'une manière diffrente dans les mêmes circonstances, ou, en d'autres termes, qu'un même corps dans les mêmes circonstances produit des effets différents. Si nous voulons séparer certains organes nerveux du système cérébro-spinal, il faut donc que nous leur trouvions des propriétés distinctes et une manière particulière de réagir sous l'influence de certains agents.

Il n'y aurait rien d'étonnant à ce que certaines parties du grand sympathique échappassent à l'action du curare, puisque le système sensitif y est bien soustrait. Mais nous ne pouvons accepter pour preuves que des distinctions physiologiques, et non des distinctions purement anatomiques. Celles-ci, en effet, ne nous donnent pas l'explication du mécanisme par elles-mêmes ou par la texture des organes qu'elles séparent, mais seulement par leur arrangement. Quand même, par exemple, les artères et les veines se confondraient au point de vue leur texture, de leurs formes et de leurs anastomoses, elles n'en seraient pas moins très-différentes au point de vue de leurs fonctions physiologiques. Les considérations anatomiques ne suffisent donc jamais, ni pour nous faire repousser une distinction physiologique, ni pour nous la faire admettre.

Or, on comprend sous le nom de grand sympathique les nerfs qui se rendent aux intestins, à la vessie, aux artères, etc., c'est-à-dire, en général, les nerfs involontaires et inconscients, qui président aux phénomènes dont nous n'avons pas conscience, et qui échappent à l'action de notre volonté.

Le système grand sympathique étant ainsi défini, nous trouvons certaines de ces parties qui paraissent incontestablement atteintes par le curare, et qui semblent même l'être avant le système cérébro-spinal, c'est-à-dire avant les nerfs des membres. Les nerfs vaso-moteurs semblent être dans ce cas, et, en effet, lorsque nous avons empoisonné ici des lapins par le curare, vous avez toujours vu que le premier symptôme de l'action toxique consistait dans l'échauffement des oreilles dû à la dilatation des vaisseaux capillaires qui se produisait dans tous les tissus cellulaires sous-cutanés, sous l'influence de la paralysie des nerfs vaso-moteurs par le curare. Mais d'autres nerfs du grand sympathique ne sont atteints par le curare qu'après le système cérébro-spinal, par exemple les nerfs oculo-pupillaires, dont la vitalité persiste la dernière, et ne disparaît que bien longtemps après la paralysie des membres. Cependant, quand cette dilatation des vaisseaux existe par la paralysie rapide des nerfs vaso-moteurs, l'excitation des nerfs vaso-moteurs peut encore faire contracter les vaisseaux : ce qui semblerait indiquer que le nerf est seulement décroché de son centre, mais non encore paralysé dans ses rameaux ni à ses extrémités, ainsi que nous l'avons vu pour les nerfs moteurs des membres. Cependant j'avoue que cette question des nerfs vaso-moteurs est très-délicate, car il m'a semblé que d'autres substances toxiques, telles que la morphine, par exemple, qui ne paralysent pas les nerfs moteurs comme le curare, produisaient également l'échauffement des oreilles. Toutefois, j'ai vu que dans le cas d'empoisonnement par le curare, il y a, avec la dilatation des vaisseaux, une accélération considérable de la circulation dans les capillaires, ce qui ramène la rutilance du sang dans les veines.

J'ai montré, en 1852, qu'outre l'action particulière du

Digitized by Google

rand sympathique sur la pupille, découverte par Pourour du Petit, en 1712, il y avait encore une autre action u grand sympathique sur les nerfs vaso-moteurs de la ème région. Si nous tenions compte des relations anaomiques, nous devrions ranger les nerfs vaso-moteurs ans le système cérébro-spinal, car ils naissent de e système. Mais les nerfs oculo-pupillaires de l'œil, u'on s'accorde aussi à ranger dans le système grand ympathique, naissent aussi de la moelle, et ils sont cendant les derniers qui persistent dans l'empoisonnement par le curare.

Mais nous avons fait une autre observation curieuse, 'est que, lorsqu'on fait mourir un animal par hémorrhagie ou par asphyxie (deux chiens ont été sacrifiés par ous de cette manière), c'est précisément le contraire ui arrive. Ainsi, chez l'animal tué par hémorrhagie, il 'y a plus aucune irritabilité dans les nerfs de l'œil, tanlis que les nerfs des membres, le nerf sciatique, par xemple, sont encore irritables par l'électricité. C'est lonc un renversement complet dans la marche de la mort les nerfs.

Ces faits peuvent paraître très-étonnants, et ils le sont en effet; mais ils sont en même temps très-certains, et et il ne s'agit plus que d'en trouver l'explication. On ne peut donc plus comparer à ce point de vue la mort par le curare et la mort par asphyxie ou hémorrhagie. En prenant les choses en gros, on pourrait dire que la mort par le curare commence par le système cérébro-spinal, et finit par le grand sympathique, tandis que la mort par asphyxie ou hémorrhagie, commence par le grand sympathique, et finit par le système cérébro-spinal; mais il faudrait analyser avec soin tous ces phénomènes pour se prononcer plus exactement sur leur mécanisme.

En résumé, l'action générale et propre du curare doit donc être pour nous de produire la paralysie des nerfs moteurs dans quelque région du corps qu'ils se trouvent, et quels que soient d'ailleurs les phénomènes auxquels ils président. Mais le mot paralysie n'explique rien par lui-même. Nous revenons souvent sur les mêmes idées à propos de ces expériences, parce qu'elles nous mettent à chaque instant vis-à-vis des mêmes erreurs, en nous en montrant toute l'étendue. Ainsi nous avons dit que le mot *antidote* ne représentait plus aujourd'hui aucune idée claire, que l'expression *grand sympathique* n'avait plus maintenant de sens précis et délimité. Il en est de même du mot *paralysie :* il ne signifie plus rien non plus aujourd'hui. En effet, ce mot désignait primitivement une suppression ou une suspension de fonction, et on l'applique maintenant à des exagérations de fonctions produites dans certaines conditions. Lorsqu'on s'entend les uns les autres, c'est donc en quelque sorte par hasard, car on fait tout ce qu'il faut pour ne pas s'entendre en employant toujours le même mot pour désigner des choses très-différentes.

Voici comment on a été conduit à cette confusion. Lorsqu'on coupe le nerf sciatique d'un membre, ce membre perd la propriété de se mouvoir; il est paralysé. La section des nerfs vaso-moteurs de l'oreille est dite aussi produire une paralysie; et cependant les résultats sont très-différents des précédents, car tous ces phénomènes qui se passent dans cette région, circulation, chaleur animale, sensibilité, motilité, etc., sont considérablement exagérés, au lieu d'être ralentis ou supprimés.

Cependant le rapprochement qu'on fait ainsi entre ces deux cas est juste au fond, car dans un cas comme dans l'autre, il s'agit toujours d'un nerf moteur coupé; mais les phénomènes extérieurs qui en résultent sont si différents, que cette analogie cachée au fond des choses ne s'aperçoit pas d'abord, et si l'on doit considérer les sécrétions comme une paralysie, il est évident que le langage scientifique devient inintelligible pour bien des gens. Sans doute, le physiologiste s'y retrouvera toujours, parce qu'il sait très-bien qu'une paralysie, cela veut dire tout simplement une section du nerf, ou une cessation d'une influence, quels qu'en soient les effets; mais le médecin, qui a pourtant besoin aussi de se rendre compte de tous ces faits, s'y reconnaîtra-t-il de même? Cela n'est pas certain.

Le sang et le milieu dans lequel vivent tous nos tissus; mais il ne se distribue point partout également. Les nerfs vaso-moteurs sont des espèces de freins qui contiennent l'activité des organes en réglant la circulation du liquide nourricier par l'action de resserrement qu'ils exercent sur les vaisseaux. S'il y a plus de sang dans les oreilles d'un lapin aux premiers moments de l'action toxique du curare, et si la température s'y élève notablement, c'est que l'influence des nerfs vaso-moteurs étant supprimée, les vaisseaux capillaires peuvent se dilater tout à leur aise; l'action du cœur restant d'ailleurs la même, la quantité de sang qui traverse ces vaisseaux dans un temps donné augmente, et il en résulte naturellement une suractivité vitale plus ou moins considérable. Mais l'action toxique, continuant à se propager, atteint ensuite les nerfs respirateurs, dont la paralysie diminue l'activité de la circulation sanguine : c'est ainsi que s'expliquerait le refroidissement qui succède à l'augmentation de chaleur observée d'abord dans les oreilles.

Il est facile de prouver que telle est bien la raison des variations de température qui résultent de la section du grand sympathique. En effet, cette opération, pratiquée sur un animal affaibli par des saignées successives, ou par un autre moyen, ne produit aucune augmentation sensible de la chaleur animale, parce que les organes circulatoires n'ont plus assez d'énergie pour que le sang puisse passer en grande quantité par les capillaires.

En résumé, nous avons distingué aujourd'hui la mort par le curare de la mort par asphyxie ou par hémorrhagie. Il suffit, pour séparer ces deux genres de mort, d'examiner l'état des nerfs de la pupille; ils périssent les derniers de tous si l'animal est empoisonné par le curare, et les premiers, s'il succombe à une hémorrhagie ou à une asphyxie. C'est donc là, si l'on veut, un

Digitized by Google

moyen de distinguer ces divers genres de mort. Mais la raison précise de ces différences reste encore à donner.

## XXXV.

### Action du curare sur les nerfs vaso-moteurs. Explication des phénomènes de la fièvre.

Dans les séances précédentes, nous avons montré comment, à l'aide du curare, on avait pu décider certaines questions physiologiques d'une grande importance. L'étude des propriétés physiologiques de ce poison a établi clairement la distinction des nerfs et des muscles, puis celle des nerfs sensitifs et des nerfs exclusivement moteurs. Ces questions existaient déjà bien anciennement dans la science, puisque la première remonte à Haller; mais c'est le curare seul qui en a démontré expérimentalement la vérité, et cette démonstration est surtout devenue complète depuis nos dernières expériences, qui montrent que le nerf moteur frappé par le curare, commence à perdre ses propriétés par l'extrémité médullaire. Il n'y a plus maintenant d'objections possibles.

C'est surtout ainsi, c'est-à-dire en analysant les phénomènes pour les distinguer soigneusement les uns des autres qu'il faut procéder pour faire avancer la médecine. En effet, les sciences tendent toujours à l'unité, mais cette unité ne doit pas nous faire perdre de vue la complexité naturelle des phénomènes.

Ce qu'il importe surtout au médecin de connaître, ce sont bien plutôt les différences des individus entre eux que leurs ressemblances, car il est avant tout le médecin d'un homme déterminé, et non le médecin du genre humain. Aussi a-t-on inventé le mot *idiosyncrasie* pour désigner les particularités que présente chaque individu, mais ce mot ne signifie qu'une seule chose, c'est que nous ignorons la nature et la cause de ces particularités.

Ce serait cependant une erreur de croire que la médecine marche autrement que les autres sciences. Seulement, comme elle pousse beaucoup plus loin l'analyse des phénomènes, il faut qu'elle avance bien plus longtemps avant de pouvoir généraliser comme les autres sciences. Ce qu'il lui faut avant tout, c'est de déterminer les propriétés intimes des éléments organiques, et c'est à quoi cet enseignement est surtout destiné, car le but principal des études que nous avons entreprises sur l'action physiologique des poisons, c'est précisément de démêler ce qui doit être attribué à chaque élément dans les actions complexes de l'organisme.

Dans cette série de recherches, nous avons constaté, dans la dernière leçon, des faits sur lesquels il est utile de revenir : ils prouvent qu'on ne doit pas se contenter de dire que le curare atteint les nerfs moteurs, mais qu'il faut encore, au point de vue de l'action de cet agent toxique, distinguer entre les différents nerfs moteurs. Ainsi nous avons vu,—ce que nous aurions toujours ignoré sans le curare, —que les nerfs moteurs qui semblent perdre les premiers leurs propriétés, c'étaient les nerfs vaso-moteurs. Or, ces nerfs sont rangés aujourd'hui par tout le monde dans le système grand sympathique. Ce ne sont donc pas les nerfs du système cérébro-spinal qui sont atteints les premiers par le curare; mais si l'on voulait en conclure que le système grand sympathique tout entier est frappé avant le système cérébro-spinal, on serait dans l'erreur, puisque les nerfs atteints les derniers, c'est-à-dire les nerfs de l'iris, font aussi partie du grand sympathique.

Qu'est-ce donc que ces nerfs vaso-moteurs? Ce sont les filaments nerveux qui animent les fibres circulaires contractiles comprises dans les parois des vaisseaux et président à leurs mouvements qui règlent le calibre vaisseaux.

On avait observé depuis longtemps que les vaisseaux étaient contractiles : Glisson le proclamait déjà au XVII^e siècle; et, au siècle suivant, on faisait même de cette contractilité des vaisseaux une objection aux idées de Haller qui localisait, comme on sait, la propriété contractile dans la substance musculaire. Haller niait ces phénomènes qu'il ne croyait pas pouvoir faire rentrer dans son système général; mais s'il vivait aujourd'hui, il verrait qu'ils y rentrent parfaitement, puisqu'il y a dans les parois des vaisseaux des fibres musculaires maintenant parfaitement décrites et très-bien connues. Ces fibres musculaires sont en rapport avec des nerfs spéciaux auxquels Stilling a donné pour la première fois le nom de nerfs *vaso-moteurs*.

Certains physiologistes prétendent qu'il n'y a qu'une seule espèce de nerfs moteurs, et que les nerfs moteurs des muscles, des membres et des vaisseaux ont la même origine à la moelle épinière. Mais il est bien certain que les nerfs vaso-moteurs sont tout à fait distincts des nerfs moteurs ordinaires, bien qu'il y ait souvent des anastomoses entre ces deux genres d'organes nerveux. J'ai montré clairement que chaque muscle reçoit deux ordres de nerfs moteurs, les uns qui président à la contraction des muscles : ce sont les nerfs moteurs ordinaires; les autres qui animent les fibres contractiles des vaisseaux et règlent ainsi leur calibre : ce sont les nerfs vaso-moteurs.

Mais ces vaisseaux reçoivent en outre des nerfs sensitifs spéciaux qui réagissent par action réflexe sur les nerfs vaso-moteurs, et il en résulte un état de tonicité particulière ou de demi-contraction constante des fibres musculaires des vaisseaux. Tous les muscles possèdent, du reste, un état propre de tonicité. Il y a donc un ton des vaisseaux, *tonus vascularis*, comme le ton musculaire ordinaire, le ton des sphincters, etc. Cette tonicité particulière des muscles tient surtout au système sensitif et se produit par des actions réflexes constantes, provenant des actions réflexes des nerfs de la peau ou d'autres parties sensitives, internes ou externes, du corps.

Ces actions réflexes sur les vaisseaux auront une

Digitized by Google

grande importance dans les explications médicales. C'est par elles qu'on peut expliquer l'action des traitements hydrothérapiques. Le froid appliqué aux surfaces épidermiques est en effet un des excitants les plus convenables pour amener, par son action réflexe, le resserrement des vaisseaux sanguins.

Voici un lapin empoisonné par le curare, à petite dose. Vous voyez, avant que l'animal soit paralysé des membres, tous les phénomènes de la paralysie des nerfs vaso-moteurs. Chez lui, le sang des veines est plus rouge qu'à l'état normal et même presque aussi rouge que celui des artères; les vaisseaux sont dilatés, la circulation fort active et la température extérieure plus élevée qu'à l'ordinaire; en un mot, cet animal présente, — d'une manière fugitive, il est vrai, — les caractères de la fièvre. Quelle a été l'action du curare dans ce cas? Il a commencé par supprimer les nerfs vaso-moteurs; le ton vasculaire a donc cessé, les fibres musculaires circulaires des vaisseaux se sont relâchées, et, par suite, le diamètre de ces vaisseaux a augmenté; le cœur continuant à battre avec la même force qu'auparavant, lance du sang qui possède la pression normale, mais qui passe plus facilement à travers ces vaisseaux dilatés. On doit donc avoir tous les phénomènes de l'accélération de la circulation capillaire. Le pouls est plus fort dans les petites artères, se fait sentir plus facilement et se propage même jusque dans les veines; la chaleur animale augmente par suite de cette suractivité imprimée à la circulation, et le sang séjournant moins dans les organes n'a plus le temps d'y perdre tout son oxygène pour le transformer en acide carbonique et prendre ainsi la teinte noire qu'il présente d'ordinaire dans les veines. Autrefois, quand on avait l'habitude — qu'on n'a plus aujourd'hui — de saigner pour combattre les fièvres, les médecins ont souvent remarqué que le sang veineux qui sortait alors de la veine était rouge presque comme le sang artériel lui-même. C'est qu'alors il y avait paralysie des nerfs vaso-moteurs.

Les nerfs vaso-moteurs constituent donc un système particulier auquel on pourrait donner le nom de nerfs artériels. Le curare, en montrant qu'ils peuvent être paralysés indépendamment des autres nerfs moteurs, prouve par là même qu'ils forment un système séparé.

Toutes les distinctions que nous donne le curare se retrouvent, du reste, dans la pathologie. On a souvent vu des malades qui avaient perdu l'action des nerfs moteurs en conservant encore cellee des nerfs sensitifs, ou perdu celle des nerfs sensitifs en conservant celle des nerfs moteurs. La paralysie du grand sympathique ou plutôt des nerfs vaso-moteurs peut également se produire sous des influences purement naturelles, puisque la fièvre n'est autre chose qu'une paralysie des nerfs vaso-moteurs. D'un autre côté, on peut, en coupant les filets du grand sympathique qui se distribuent à une région déterminée, par exemple, à une patte, à une oreille, etc. produire dans cette région une véritable fièvre locale.

L'action du curare semble nous montrer que les nerfs du grand sympathique qui président aux mouvements des vaisseaux sont les plus facilement impressionnables de tous, et l'on ne doit pas dès lors s'étonner qu'un individu puisse avoir la fièvre sans que ses membres soient le moins du monde paralysés.

Vous voyez, du reste, que nous étudions les propriétés du grand sympathique en prenant séparément les diverses espèces de nerfs qui le composent. Il ne s'agit pas, en effet, de montrer que le grand sympathique est la même chose que le système cérébro-spinal ou qu'il en diffère, qu'il rentre dans ce système ou qu'il n'y rentre pas. Ce qui doit nous préoccuper exclusivement, c'est d'établir les propriétés des nerfs. en nous inquiétant peu de la question de savoir s'ils appartiennent au grand sympathique ou au système cérébro-spinal.

La curare nous montre aussi que les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs fonctionnent d'après un mécanisme complétement différent. En effet, toutes les fois que le système nerveux sensitif est atteint, il se produit sur les nerfs vaso-moteurs une action qui se généralise rapidement dans tous le corps. Au contraire, les excitations portées directement sur le système nerveux moteur ne se généralisent jamais et cela est vrai du système moteur cérébro-spinal comme des nerfs moteurs rangés dans le grand sympathique. Il y a donc une distinction profonde à établir sous ce rapport entre les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs, distinction qui résulte également des vivisections et de l'action du curare comme de celle des autres poisons du système nerveux. Ainsi, on ne peut jamais empoisonner localement certains nerfs sensitifs ou les préserver seuls des effets d'un empoisonnement général; et vous savez qu'on peut, au contraire, le faire très-facilement pour les nerfs moteurs en pratiquant une ligature convenable des artères sur un animal empoisonné par le curare.

Lorsque les propriétés vitales d'un nerf sensitif ou moteur vont disparaître sous l'influence d'une perturbation quelconque, elles s'exaltent d'abord pendant un certain temps. Il se produit donc une surexcitation plus ou moins forte qui, chez les lapins soumis à l'influence du curare, se traduit par de légers frissonnements dans les muscles peauciers, que vous pouvez apercevoir facilement. Les nerfs vaso-moteurs sont dans le même cas que les autres, c'est-à-dire qu'avant d'être détruits par le curare ils sont surexcités pendant un certain temps, et que, par suite, les vaisseaux se resserrent d'abord un peu avant de se dilater. On sait en effet que la fièvre commence par des frissons. Cela paraîtrait tenir au resserrement momentané des vaisseaux sous l'influence de la surexcitation des nerfs vaso-moteurs.

Nous avons vu que les nerfs vaso-moteurs étaient les plus sensibles à l'action du curare; on les considère également comme les plus sensibles de tous aux autres actions paralysantes et ceux qui s'épuisent le plus facilement quand on les fatigue en les excitant. Quand on irrite des

Digitized by Google

nerfs sensitifs pour provoquer des mouvements réflexes par les nerfs moteurs, il arrive un moment où ces mouvements réflexes ne peuvent plus se produire; et l'on constate alors facilement que la partie qui a fait défaut, c'est l'origine centrale ou médullaire du nerf moteur, l'autre extrémité continuant d'ailleurs à être parfaitement irritable. Il faut donc attendre, pour obtenir de nouveaux mouvements, que la régénération de la propriété du nerf moteur se soit produite par la nutrition, absolument comme dans l'empoisonnement par le curare, on est obligé d'attendre que la substance toxique se soit éliminée.

Les nerfs vaso-moteurs sont les premiers à s'épuiser de cette manière par lassitude, et cela se ferait même très-rapidement. Ainsi, quand on pince l'oreille d'un animal, elle ne rougit pas immédiatement; elle pâlit, au contraire, parce que les nerfs vaso-moteurs sont d'abord excités et resserrent les vaisseaux. Mais cette légère excitation, d'une durée fort restreinte, a suffi pour les épuiser; ils se relâchent donc par le mécanisme que nous venons d'indiquer, et c'est alors seulement que les vaisseaux, en se dilatant, produisent la rougeur qui envahit la partie pincée. Ce phénomène se manifeste d'autant plus vite et d'une manière d'autant plus intense que le pincement a été plus fort, et, par suite, l'épuisement des nerfs vaso-moteurs plus rapide et plus complet.

Les idées et les faits que nous venons d'exposer sont intéressants pour le médecin. Beaucoup sont encore à l'étude, mais l'enseignement général que nous pouvons déjà en tirer c'est qu'il n'y a pas de distinction véritable à établir entre le grand sympathique et le système cérébro-spinal, au moins au point de vue des phénomènes qui nous ont occupé, parce qu'il n'est pas possible de former un groupe homogène des différents nerfs qu'on a rangés dans le grand sympathique.

Il faut arriver à l'étude séparée des différents nerfs, et nous verrons que le curare nous offre le meilleur moyen de dissection physiologique que nous ayons pour les distinguer et pour suivre l'histoire de chacun d'eux en particulier. En un mot, c'est à l'aide du curare et de quelques autres substances toxiques que l'on pourra désormais faire l'histoire expérimentale des éléments du système nerveux.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

Voici le sommaire du numéro de juillet du *Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux*, dirigé par M. le professeur CH. ROBIN :

ONIMUS. Études critiques et expérimentales sur l'occlusion des orifices auriculo-ventriculaires.

G. SÉE. Physiologie de l'asthme et des dyspnées.

MAREY. Études physiologiques sur les caractères du battement du cœur et les conditions qui le modifient (fin).

H. JACQUART. De la valeur de l'os épactal ou partie supérieure de l'écaille occipitale restée distincte, comme caractère de race en anthropologie (fin).

ANALYSES ET EXTRAITS DE TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS.

Prix de chaque numéro : 3 fr. 50 c.
Abonnement : un an pour la France..... 20 fr.
— un an pour l'étranger..... 24

*Récentes publications.*

TRAITÉ ICONOGRAPHIQUE DES MALADIES CHIRURGICALES, par BENJAMIN ANGER, prosecteur des hôpitaux de Paris. — Première monographie : *Luxations* et *fractures*. — Première livraison, contenant : Introduction, par M. le professeur Velpeau; coup d'œil général sur l'étude des luxations et des fractures, par M. Anger, et 8 planches coloriées représentant la région de l'épaule, avec le texte correspondant. Prix *franco*. 12 fr.

La deuxième livraison paraîtra le 15 juillet.

APPLICATION DU COURANT CONSTANT AU TRAITEMENT DES NÉVROSES, leçons faites à l'hôpital de la Charité par le professeur REMAK, de l'Université de Berlin (extrait de la *Revue des cours scientifiques*). Broch. in-8 de 41 pages. 1 fr. 50

LOISIRS POÉTIQUES D'UN SPÉCIALISTE, par le docteur J. VENOT (de Bordeaux). 1 vol. in-18. 2 fr. 50

SCIENCE ET DÉMOCRATIE, par M. VICTOR MEUNIER, rédacteur scientifique de l'*Opinion nationale*. 1 vol. in-18 de 400 pages faisant partie de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. 3 fr. 50

MATÉRIALISME ET SPIRITUALISME, par M. ALPH. LEBLAIS, précédé d'une préface par M. E. LITTRÉ (de l'Institut). 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

DE LA MORALE DANS L'ANTIQUITÉ, par M. AD. GARNIER, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des lettres, précédé d'une introduction par M. PRÉVOST-PARADOL, de l'Académie française. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

PHILOSOPHIE DE LA MÉDECINE, par M. le docteur EDOUARD AUBER. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. Prix : 2 fr. 50

---

*Sommaire de la Revue des cours littéraires du 8 juillet 1865.*

INSTITUT POLYTECHNIQUE DE ZURICH. Esthétique. Cours de M. *Semper* : De l'ornementation et du style; de leur signification symbolique dans l'art. — COLLÉGE DE FRANCE. Législation comparée. Cours de M. *Ed. Laboulaye* : De l'administration française sous Louis XVI (6e leçon). — FACULTÉ DE DROIT DE PARIS. Cours de M. *Valette* : De la minorité et de la tutelle.

Ce numéro contient un supplément de 16 colonnes.

---

Nous rappellerons à nos abonnés de la *Revue des cours scientifiques* que pour recevoir la *Revue des cours littéraires*, il leur suffit d'envoyer à M. Germer Baillière, comme supplément, une des sommes suivantes :

Six mois. Paris..... 7 fr. — Départements... 8 fr.
Un an. — ..... 11 fr. — — ... 12 fr.

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 33. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 15 JUILLET 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1[illegible] | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

Six mois..... Paris, 15 fr. Départ., 18 fr. Étranger, 20 fr.
Un an..... — 26 — 30 — 35

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : Leçon d'ouverture. — Unité de l'espèce humaine.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : Du grand sympathique. — Du système nerveux chez les Zoophytes.

COLLÈGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : IX. Des réactions endothermiques et exothermiques.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie** (Zoophytes). — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : X. Historique du Corail.

**Variétés.** — Origine et formation des monstres omphalosites, par M. DARESTE.

Paris, 14 juillet 1865.

M. Chevreul a lu lundi dernier, à l'Académie des sciences, un long travail sur la classification des connaissances humaines, où il expose les idées d'Ampère et de Frédéric Cuvier, dans l'intimité desquels il a vécu.

M. Pasteur a présenté une nouvelle note de M. Gernez sur la cristallisation des dissolutions sursaturées, en réponse aux objections faites récemment contre les opinions de MM. Violette et Gernez. On a dit qu'on pouvait faire cristalliser une dissolution sursaturée de sulfate de soude recouverte d'une couche d'huile, et par conséquent à l'abri des poussières atmosphériques, en faisant traverser cette dissolution par un courant d'hydrogène, ou en y laissant tomber de la limaille de fer. M. Gernez a vérifié ces deux phénomènes ; mais il a constaté en même temps qu'ils ne se produisaient plus quand on employait de la limaille de fer lavée et séchée au contact de l'air et quand on chauffait préalablement l'huile à 40 ou 50 degrés.

M. Sainte-Claire Deville présente, au nom d'un savant étranger, une note sur les emplois de la naphtaline, et M. Velpeau, un travail de M. Marchand, relatif à la structure des tiges chez les plantes phanérogames, dans lequel l'auteur cherche à rapprocher, sous certains points de vue, les tiges des Dicotylédones et celles des Monocotylédones. Citons enfin un travail relatif à la construction des digues sous-marines en blocs artificiels, et une note sur les altérations que subit l'eau dans les cuves de fonte doublées de zinc, où elle est généralement emmagasinée à bord des vaisseaux pour les besoins de l'équipage.

M. Dumas a présenté le troisième volume des Œuvres de Lavoisier. Ce volume contient plusieurs mémoires relatifs à la ville de Paris. Le premier, couronné autrefois par l'Académie des sciences, recherche le mode d'éclairage le plus convenable pour une grande ville : on y voit que Paris était alors éclairé par 6600 chandelles au lieu des 100 000 becs de gaz qu'il possède aujourd'hui, et qui valent certainement chacun plus d'une chandelle, comme le fait remarquer M. Dumas. Puis vient un mémoire sur le service des eaux à Paris. Lavoisier préfère les eaux de sources plus ou moins éloignées, amenées au moyen d'aqueducs, aux eaux de la Seine élevées par des pompes. Les analyses et les détails contenus dans ce mémoire prouvent que Lavoisier avait déjà des notions fort précises sur la constitution des eaux.

Puis vient un mémoire sur les grands froids de l'année 1776, qui donnèrent à Lavoisier l'idée de construire un thermomètre très-sensible pour savoir si la température restait invariable dans les caves de l'Observatoire de Paris. Ce thermomètre, dont chaque degré Réaumur occupe sur la tige une longueur de quatre pouces trois



Digitized by Google

lignes, est encore aujourd'hui dans les caves de l'Observatoire où Lavoisier l'avait placé; mais M. Le Verrier, directeur de l'Observatoire, fait remarquer qu'il indique aujourd'hui une température un peu plus élevée que les thermomètres placés autour de lui. Il serait intéressant de rechercher si le changement observé tient seulement au déplacement du zéro de l'échelle, phénomène bien connu aujourd'hui des physiciens, ou si la température des caves de l'Observatoire a varié depuis Lavoisier. Malheureusement le thermomètre étalon qui a servi à Lavoisier s'étant cassé à l'Observatoire, en 1784, pendant la direction de Cassini, on ne pourra plus faire sur lui la comparaison nécessaire avec un thermomètre moderne, et il faudra s'adresser directement au thermomètre principal. MM. Le Verrier, Dumas et Pouillet font diverses remarques sur les précautions à prendre dans cette opération.

Le volume présenté par M. Dumas contient plusieurs mémoires sur le *magnétisme animal*, qui donna lieu à plusieurs commissions de l'Académie des sciences, au sein desquelles Lavoisier fit des plans d'expériences retrouvés dans ses papiers; un mémoire sur l'*aérostation*, qui prouve que c'est Berthollet qui eut le premier l'idée de substituer, à l'air échauffé pour gonfler les ballons, le gaz provenant de la calcination de la houille en vase clos, c'est-à-dire le gaz d'éclairage; un autre mémoire sur le *développement des vapeurs dans le vide*, où se trouve déjà décrit l'appareil à quatre baromètres qu'on montre dans tous les cours de physique, et dont l'invention était communément attribuée à Dalton.

Enfin, vient un mémoire sur la fermentation alcoolique, où ce phénomène est décrit aussi exactement qu'on aurait pu le faire il y a quelques années, avant les récentes expériences de M. Pasteur, et d'autres savants qui y ont montré l'intervention d'animalcules microscopiques. Dans les notes ajoutées à ce mémoire, Lavoisier avance que le sucre n'est que de l'eau et du charbon. Quand Gay-Lussac et Thenard vinrent annoncer, en 1811, à l'Académie, ce résultat si important et si curieux, ils ne faisaient donc que reproduire une opinion de Lavoisier, qu'ils ignoraient, du reste; car, dans les ouvrages de Lavoisier, alors publiés, ce grand chimiste émettait un avis différent, parce que les analyses du sucre, qu'il était impossible de faire alors d'une manière exacte, ne lui avaient point fourni des proportions d'hydrogène et d'oxygène convenables pour former de l'eau. Il soumettait donc les vues de son esprit à l'expérience, et se trompait avec elle.

Le journal du laboratoire de Lavoisier nous révèle encore un fait non moins intéressant. Le vendredi 14 avril 1788, Lavoisier chauffe dans une cornue 1000 grains de sucre et 1000 grains d'oxyde rouge de mercure, et fait passer les produits gazeux de cette opération dans des flacons de Woulf contenant des substances convenables pour les retenir. Voilà le principe de l'analyse organique élémentaire : brûler les substances organiques par un oxyde métallique. Pour avoir l'appareil qui sert aujourd'hui, il suffit de substituer les tubes de Liebig aux flacons de Woulf, et l'oxyde de cuivre à l'oxyde de mercure. Du reste, Lavoisier, peu content des résultats fournis par l'oxyde de mercure, avait aussi essayé d'autres substances, notamment le chlorate de potasse et l'oxyde de manganèse.

On voit que plus d'une idée qu'on croit bien plus moderne se retrouve déjà dans les travaux de Lavoisier, et le volume présenté lundi dernier à l'Académie montre dans tout leur jour l'universalité et l'activité d'esprit de ce grand génie. ÉMILE ALGLAVE.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES
(de l'Institut).

**Leçon d'ouverture. — Unité de l'espèce humaine.**

Tous les ans, quand nous avons à reprendre un cours déjà commencé, nous nous trouvons dans la nécessité de présenter la même remarque, de faire la même leçon. C'est que le cours d'anthropologie ne ressemble pas aux autres. Les anthropologistes se divisent en deux camps : les monogénistes et les polygénistes; les premiers faisant de tous les groupes humains observés à la surface de la terre des races d'une seule et même espèce ; les seconds faisant de tous ces groupes des espèces différentes. On conçoit que la nature de l'enseignement change avec les convictions du professeur. Le polygéniste, comme le zoologiste et le botaniste, classe les espèces, établit leurs analogies et leurs différences : le monogéniste reconnaît autant et même plus de groupes que son adversaire ; mais, comme il croit que tous ces groupes sont des modifications d'une même espèce, il s'inquiète de leur filiation et de tous les problèmes qui s'y rattachent; il cumule, dans ses applications à l'homme, la tâche du zoologiste et du zootechniste. La tâche est donc complexe; il faut, pour l'aborder, une grande conviction. M. de Quatrefages la possède et la voit confirmée chaque jour par des observations nouvelles. Il doit maintenant la faire partager à son auditoire pour qu'il puisse légitimement en tirer des conclusions.

Le cours entier de l'année dernière a été consacré à la démonstration de l'unité de l'espèce humaine. Cette année, nous devons établir les conséquences qui en découlent, et montrer ainsi que la doctrine monogéniste est basée sur des faits établis, non sur de légères observations. Mais avant, il est nécessaire de résumer brièvement tous les arguments et toutes les preuves exposées précédemment, étude qui n'a pas occupé moins de quarante leçons.

Avant d'aborder un sujet de recherches, le naturaliste doit définir nettement l'être qu'il va étudier. Linné a clairement posé les grands caractères qui distinguent les choses de la nature dans cette phrase : « *Mineralia crescunt; vegetalia crescunt et vivunt; animalia crescunt, vivunt, sentiunt et*

(1) La *Revue des cours scientifiques* a publié l'année dernière une leçon de M. de Quatrefages sur les *caractères généraux des races blanches* (voy. la première année de la *Revue*, p. 593 et 617).

Digitized by Google

*sponte moventur* (le minéral croît; le végétal croît et vit; l'animal croît, vit, sent et se meut spontanément). » Or, quand on se pose cette question : Qu'est-ce que l'homme? on voit qu'il possède tous les caractères de l'animal; comme lui il croît, il vit, il sent, il se meut volontairement. Mais outre ces caractères communs, il en a qui lui sont propres : seul il a la notion abstraite du bien et du mal, d'une vie future et d'êtres supérieurs à lui. Et voilà pourquoi nous sommes autorisés à faire de l'humanité un règne à part, de même que Linné fit le règne animal des êtres qui ont la sensibilité et la volonté.

La philosophie, la théologie, s'occupent aussi de ces phénomènes distinctifs de l'homme; mais ici nous ne les acceptons que comme des faits constatés, comme des caractères apparents comparables à ceux qu'établissait Linné pour faire le *Règne animal*. Nous nous garderons bien d'imiter Descartes, cherchant à expliquer les mouvements vitaux par la mécanique. Nous ne nous occupons pas des causes, nous ne considérons que les effets.

Il est évident que le règne humain présente des types divers. Sont-ce des espèces? Grave question à laquelle nous allons répondre. Encore une fois, c'est au point de vue purement scientifique que nous nous plaçons. Trop souvent on a confondu ce côté de la question avec le côté politique ou religieux. Dans cette leçon et les suivantes, nous nous souviendrons que nous sommes au Jardin des plantes, et nous traiterons l'unité de l'espèce humaine au seul point de vue des sciences naturelles.

Avant de discuter sur les races et les espèces, il est absolument nécessaire de définir ces mots. A qui demanderons-nous cette définition? Est-ce au théologien, au philosophe, au médecin? Non. Les naturalistes seuls peuvent nous la fournir, car seuls ils se sont occupés de la question sans idée préconçue, cherchant à résoudre le problème par les deux seuls moyens légitimes d'investigation que possède l'homme : l'expérience et l'observation. Tous les naturalistes qui se contentaient d'étudier les faits se sont trouvés d'accord. Sur le terrain de la théorie, du possible et de l'origine, les discussions sont vives, les opinions diverses. Sur le terrain de la pratique, de la science positive, toute divergence d'opinion disparaît. Il y a eu dans les luttes amenées par ces questions des divergences considérables et des exagérations : lorsque quittant la sphère de la théorie, les adversaires rentraient dans les galeries du Muséum, ils se trouvaient tous d'accord devant les faits positifs et précis.

Les définitions de l'espèce sont nombreuses; mais, à part celles qu'ont données quelques physiologistes ou quelques morphologistes exclusifs, toutes sont basées sur deux notions : la notion de la ressemblance, la notion de la filiation. Cette dernière est la plus importante : elle fait voir dans l'espèce un être abstrait composé d'une série de familles se succédant par voie de filiation. Dans chaque famille les pères et les fils se ressemblent; mais il y a cependant des différences entre eux, et ces différences suffisent pour donner une première notion de ce que l'on entend par *variabilité de l'espèce*. L'école positive soutient que l'espèce est fixe, mourant plutôt que de se modifier; l'école philosophique, de son côté, soutient que l'espèce change très-facilement. Ici encore, les adversaires les plus acharnés dans la discussion se sont trouvés d'accord devant les faits. Il suffit que chacun fasse appel à sa propre observation pour reconnaître, comme Cuvier l'avait fait, une même espèce dans ces nombreuses races de chiens que notre dernière exposition avait réunies. Multipliant les espèces, Lamarck plaçait au contraire dans des groupes différents des coquilles parfois très-semblables. Devant ces faits et ces observations, on arrive avec Buffon à la doctrine de la *variabilité limitée*; on arrive à reconnaître que dans une espèce il y a quelque chose qui change et quelque chose qui ne change pas; que, si les variations sont chose inniable, des limites infranchissables sont imposées à ces transformations.

Au fait de la variabilité limitée se rattache l'apparition des variétés et la formation des races. Il y a, en effet, des caractères individuels qui, exagérés, peuvent former des variétés. Ces caractères sont transmissibles par génération, et il se forme ainsi des familles perpétuant une ressemblance qui les distingue des familles voisines. Ainsi naissent les races dont tous les individus se ressemblent par leurs caractères intérieurs et extérieurs.

On conçoit dès lors ce qui distingue l'espèce de la race. L'espèce est l'unité, la race est la fraction; les races réunies forment l'espèce, qui n'est elle-même que la somme des types divers que constituent les races. On peut comparer chaque espèce à un arbre à tige droite sur les côtés de laquelle naissent, à droite et à gauche, des bourgeons représentant des *variétés;* quelques-uns de ces bourgeons deviendront des branches, représentant autant de *races;* sur ces branches se montreront de nouveaux bourgeons d'où naîtront des branches secondaires capables de se ramifier encore. Ainsi, après les races primaires, naissent dans l'espèce les *races secondaires*, *tertiaires*, etc., qui se distinguent les unes des autres à mesure qu'elles s'éloignent du type spécifique. On voit cependant que la race la plus éloignée se rattache à l'espèce, qui consiste en l'union de tous les individus nés d'un type premier auquel ils tiennent intimement malgré les nombreux caractères qui les distinguent.

Nous devons maintenant appliquer ces données générales à l'étude de l'homme.

Les groupes humains concourent-ils à ne former qu'une seule espèce ou en constituent-ils plusieurs? Sont-ce les branches d'un même arbre ou des arbres différents? Tel est le problème qui nous est proposé. Or, dans ce problème, l'homme est l'inconnue; par conséquent ce n'est pas lui qui peut nous donner la solution. Nous devons donc, comme dans les mathématiques, le remplacer dans nos opérations par des quantités connues. En d'autres termes, pour trancher la question, nous devons étudier d'abord les animaux et les végétaux; puis conclure d'eux à lui. Cette méthode est-elle légitime? Oui, sans doute; et, pour le démontrer, il suffit que chacun fasse appel à ses souvenirs. La force qui constitue un minéral ne dirige-t-elle pas le monde sidéral? Ici, gravitation, là, pesanteur, sont les résultats divers d'un seul et même principe. Ne retrouvons-nous pas dans les êtres organisés la chaleur et l'électricité, comme nous les retrouvons dans la matière inorganique, comme nous les reproduisons dans les creusets de nos laboratoires? La vie, de la même façon, a ses lois générales. Comme être organisé, l'homme n'est qu'un animal, et ses phénomènes physiologiques sont ceux de tous les animaux; comme être vivant, il est soumis aux lois de tous les êtres vivants. Toute doctrine affirmant le contraire serait en dehors de la vérité.

Or, c'est parce que le polygénisme conduit à cette contradiction entre les phénomènes humains et les phénomènes

Digitized by Google

animaux, que nous ne sommes pas polygénistes. C'est au contraire parce que notre doctrine met en parfait accord l'homme et les autres êtres vivants, que nous sommes monogénistes, malgré les inconvénients personnels qu'il peut y avoir parfois à soutenir cette opinion.

Toute la doctrine polygéniste repose sur ce fait, à savoir qu'entre les divers groupes humains, entre le blanc et le nègre, par exemple, il y a trop de différence pour que ce puisse être une même espèce. Le seul argument mis en avant est donc tiré de la notion de la ressemblance ou de la morphologie. Suivons-les sur ce terrain.

On voit, en envisageant nos races domestiques animales et végétales, quelles modifications énormes peuvent subir les espèces entre les mains de l'homme. L'examen attentif des individus, organe par organe, fonction par fonction, démontre que la limite des variations possibles dans une espèce est plus étendue que dans l'espèce humaine. En nous basant donc seulement sur la notion morphologique, nous y trouvons moins de preuves pour le polygénisme que pour le monogénisme lui-même.

Les faits apportés par la morphologie établissent l'égalité entre les deux doctrines; la notion de la filiation fait triompher le monogénisme. Quelques définitions sont ici nécessaires. On appelle *croisement* le mariage de deux individus se ressemblant comme race ou comme espèce. Dans le premier cas, le croisement prend le nom de *métissage*; dans le second cas, il prend le dom d'*hybridation*. Les produits de ce croisement sont dans le premier cas des *métis;* dans l'autre, des *hybrides*. Selon que le croisement est un métissage ou une hybridation, les phénomènes sont différents et même opposés. Les hybridations sont difficiles, souvent même impossibles, excessivement rares dans la nature. L'homme ne peut les obtenir qu'avec de grandes peines, et elles sont généralement infécondes. Le métissage, au contraire, est facile; la difficulté pour l'homme n'est pas de le produire, mais de l'empêcher; et ces croisements sont féconds, dans quelques cas mêmes la fécondité s'exagère.

Quand on envisage les produits de ces croisements, on voit que l'hybride est stérile dans la plupart des cas; il suffit de rappeler le mulet produit de l'ânesse et du cheval. Dans cet animal, l'élément fécondateur mâle disparaît ou s'altère. Quand les hybrides sont féconds, cette fécondité s'éteint en général à la cinquième génération. Si alors on fait croiser cet animal dont la puissance génératrice s'affaiblit avec un représentant de l'espèce première, on entretient la possibilité de reproduire; mais au bout d'un nombre variable de générations, le produit retourne à l'un des deux types primitifs. C'est ce que le professeur a appelé la *loi de retour*.

Chez les végétaux, pas plus que chez les animaux, on n'a pu par les croisements obtenir une série intermédiaire entre deux espèces : ce fait général domine tous les faits particuliers.

Quant aux métis, la fécondité reste chez eux ce qu'elle était dans les races d'origine, souvent même s'accroît. L'homme a réellement grand'peine à empêcher la formation de ces métis qui pullulent dans ses fermes, dans ses jardins, ses volières et ses basses-cours. Ce que la volonté fait pour les animaux, le vent qui chasse le pollen ou les insectes qui le portent d'une fleur à une autre, l'accomplissent pour ce qui concerne les plantes.

Tels sont les résultats qu'ont fournis deux cents ans d'études et d'observations portant aussi bien sur les végétaux que sur les animaux.

Et l'homme? Quand deux types se croisent, peut-on obtenir des groupes intermédiaires? Ici il suffit encore de faire appel à ses souvenirs pour se convaincre que le blanc qui est allé partout sur terre, a créé partout des races intermédiaires; les noirs et les blancs, par leurs croisements, ont fait des races à caractères multiples. Il suffit de se rappeler que, d'après M. d'Omalius d'Halloy, les métis forment environ $\frac{1}{70}$ de la population totale du globe, et cela s'est fait en trois siècles. A la fin des voyages de Cook, les races polynésiennes étaient encore vierges de tout sang blanc; aujourd'hui, les métis y sont si nombreux, qu'il est difficile d'y trouver des individus de race pure.

*Les croisements entre les groupes humains ont donc tous les caractères du métissage; par conséquent les groupes humains sont des races.* Pour rejeter ces conclusions, il faut admettre pour l'homme des lois physiologiques exceptionnelles et qui lui soient propres, et cela précisément dans la fonction qui rapproche le plus les règnes, qui unit le plus les animaux et les végétaux, par l'analogie frappante de la graine et de l'œuf, de la fovilla et du liquide fécondateur.

Devant ces faits exposés précédemment en un grand nombre de leçons, empruntés à des observations relatées par l'histoire, à des expériences poursuivies sur les animaux et les végétaux, à des remarques faites sur l'homme lui-même, la conviction doit se faire dans les esprits si elle n'y est entrée déjà : on est forcé de devenir monogéniste.

Les doctrines contraires ont émis des objections. Nous les avons déjà examinées dans le plus grand détail; nous ne pouvons aujourd'hui qu'en donner une idée générale. On peut les diviser en deux catégories bien différentes. Les unes sont des fins de non-recevoir que nous ne pouvons accepter, ou des chicanes dont on ne doit pas tenir compte. C'est ainsi qu'on objecte au monogénisme qu'il est fondé uniquement sur l'histoire religieuse de l'origine de l'homme, sur la Bible. Ces adversaires-là doivent savoir cependant que le monogénisme dogmatique, basant sa démonstration sur la Bible, a été d'abord attaqué au nom de la Bible elle-même; ils doivent savoir encore qu'il est aussi peu rationnel d'accepter comme article de foi tout ce qui se trouve dans une doctrine, que de se croire obligé de contredire toujours ce que renferme cette même doctrine. Parmi les monogénistes, nous rencontrons d'ailleurs Buffon, de Humboldt, J. Müller et d'autres qui n'ont jamais usé des arguments dogmatiques.

Un autre ordre d'objections met en avant l'impossibilité actuelle de résoudre complétement toutes les questions de détail, tous les problèmes soulevés par l'histoire de l'homme. Cette objection n'est pas fondée : car quelle est la science qui soit arrivée à perfection absolue? Quelle doctrine scientifique accepter par conséquent si l'on exige cette perfection? Que sont devenues, par exemple, les forces physiques qui nous ont bercés? Niera-t-on pour cela les phénomènes de lumière et de chaleur? — Non. Il y a dans toutes les sciences des points obscurs que l'esprit humain n'éclaire pas encore. Cela est vrai pour les sciences mathématiques elles-mêmes, il nous suffit de rappeler ici les quantités imaginaires. Nous demandons seulement que l'on traite le monogénisme comme une autre science, rien de plus.

On a fait d'autres objections plus spécieuses; mais quand

Digitized by Google

on les examine de près, on reconnaît que les polygénistes qui les mettent en avant n'ont pas une idée précise de l'espèce et de la race. La plupart ne les définissent pas; d'autres vont même beaucoup plus loin, en disant que ces définitions ne sont pas nécessaires. Ne pas définir les mots sur lesquels roule toute la discussion, c'est pourtant bien évidemment se ménager une confusion; mais ce qui est plus singulier encore, c'est que, sans définir l'espèce, on essaye de démontrer qu'il y en a plusieurs.

D'autres définissent bien l'espèce, mais ne se basent que sur la morphologie, et tombent ainsi dans une obscurité inévitable. Du même coup on raye les travaux de Cuvier, de Jussieu, de Buffon et de tous ceux qui ont le plus sérieusement étudié ce grand problème en dehors de toute idée de controverse. Est-ce agir suivant l'esprit de la science?

Mais lorsque les polygénistes qui agissent ainsi veulent aller au fond des choses, ils retombent, sans s'en douter, dans nos propres doctrines. En voici un exemple.

L'école américaine, qui, dans sa définition de l'espèce ne se base que sur la morphologie, est conduite à admettre qu'il existe des catégories d'espèces, des espèces d'espèces, amenant ainsi dans la science une notion que le naturaliste ne peut admettre. Or, parmi ces catégories d'espèces, il s'en trouve une qui comprend nos races domestiques et les groupes humains. Cette école est ainsi conduite à la notion de *race;* mais comme elle conserve l'expression d'*espèce*, elle continue à discuter. Or, n'est-ce point amener dans le débat une confusion préparée?

Cette même école américaine, examinant la question des croisements, exagère toujours la fécondité entre espèces, la non-fécondité entre races. Les faits invoqués par elle ont été examinés ici un à un, et il a été facile de montrer que plusieurs étaient inexacts, et qu'aucun n'avait la signification qui lui avait été prêtée.

L'absence de notions précises sur l'espèce et la race se retrouve dans toutes les objections adressées au monogénisme.

Une autre notion, qui ne manque guère moins aux polygénistes, est celle des actions de milieu. Cette action est niée par eux. Cependant ces influences ne peuvent être mises en doute. Sur ce point, l'école physiologique est d'accord avec l'école philosophique. Entre l'être et ses conditions d'existence, le rapport est nécessaire. Si le milieu change, l'organisme se modifiera ou périra; si le milieu ne change pas, il n'y a pas de raison pour que la race se modifie. Si nous transportons une plante d'un pays dans un autre, nous changeons son milieu; après plusieurs générations, elle sera souvent complétement transformée. Si le milieu ne change pas, la race ne se modifiera pas. Cette simple donnée fait tomber l'argument tiré de la persistance du type égyptien. L'Égypte a toujours le même soleil et la même terre; il n'est donc pas étonnant que, dans les mêmes conditions, la race ne se soit pas modifiée; le contraire serait inexplicable dans la manière de voir du professeur.

En résumé, nous voyons que la discussion des faits en eux-mêmes démontre directement le monogénisme; les objections, de leur côté, fournissent des preuves indirectes, mais qui n'en ont pas moins leur importance.

Il n'y a donc qu'une seule espèce d'homme, dont les groupes humains ne sont que des modifications. C'est le fait fondamental qui va nous fournir des déductions nombreuses. Pour ces études, il faut appeler à son aide toutes les sciences : or, le professeur n'est pas un savant universel, mais il s'adressera aux livres, aux hommes spéciaux; il fera concourir vers la démonstration de l'unité humaine des faits recueillis dans un autre but. Bien que cette tâche soit difficile, il l'accepte volontiers, sûr de la bienveillance et de l'attention de ceux qui cherchent la vérité.

L. Hallez.

---

## MUSÉUM D'H'STOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

**Notions sommaires sur la physiologie du grand sympathique. — Physiologie du système nerveux des Zoophytes.**

En commençant ce cours j'espérais remplir le cadre que j'avais tracé. Mais des questions importantes se sont présentées dans le courant de ces leçons : nos expériences nous ont aussi pris beaucoup de temps, si bien que je suis obligé de restreindre mes développements à l'axe cérébro-spinal. Il me faut laisser dans l'ombre tout le système du grand sympathique. Permettez-moi cependant de vous en dire quelques mots afin de rendre plus claires certaines particularités relatives à l'étude du système nerveux des invertébrés.

Outre le *myélencéphale* et les ganglions placés sur les racines des nerfs spinaux, on trouve chez les vertébrés des petites masses ganglionnaires de matière nerveuse qui, d'une part, sont en rapport avec le système cérébro-spinal, et, d'autre part, donnent naissance à des filets nerveux. Ces petites masses sont elles-mêmes reliées entre elles par des filets que l'on pourrait, par comparaison, appeler des connectifs. L'ensemble de ces ganglions, de leurs connectifs et des filets nerveux avec lesquels ils sont en rapport constituent le système du grand sympathique.

Ce nom a été donné à ce département du système nerveux parce que l'on avait cru qu'il servait à établir des *sympathies* entre les divers organes. Nous savons maintenant combien ces idées sont inexactes dans leur sens absolu; c'est en effet le système cérébro-spinal qui est le grand centre des actions réflexes, des associations et concaténations de mouvements ou de sensations, en un mot de presque tout ce qui avait été autrefois réuni sous le nom de sympathies.

On ne saurait cependant refuser au grand sympathique toute action de ce genre; en effet, il met en rapport les uns avec les autres des organes très-éloignés; c'est par lui que peuvent se propager des influences émanées de l'estomac ou du duodénum vers le foie ou

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18, 25, 27 et 29 de la seconde.

Digitized by Google

le pancréas. C'est par le grand sympathique que se fait la dispersion des irritations intestinales, et que se produit, par exemple, la dilatation de la pupille dans les cas d'affection du canal digestif, et surtout dans les cas où existent des helminthes dans l'intestin.

Les ganglions du grand sympathique se présentent chez tous les vertébrés avec une structure très-analogue. Ils sont constitués par des cellules nerveuses ressemblant à celles des ganglions spinaux, un peu plus petites, offrant des caractères du même genre, et ayant des relations de même nature avec les fibres nerveuses primitives. On observe, de même que pour les ganglions spinaux, des variations spéciales, suivant la classe que l'on étudie. Chez les poissons, par exemple, nous trouvons des cellules bipolaires dans les ganglions spinaux et dans ceux du grand sympathique; tandis que beaucoup de ces cellules paraissent unipolaires chez les vertébrés supérieurs. Cependant j'ai trouvé dans ces ganglions, chez l'homme, un bien plus grand nombre de cellules multipolaires que je n'en ai rencontré dans les ganglions des racines postérieures des nerfs rachidiens. Les fibres nerveuses présentent aussi des différences; ainsi, celles qui se rendent à la prostate, la plupart de celles du cœur, celles qui viennent du ganglion cervical supérieur ou de son voisinage pour aller sur les carotides, les nerfs du foie et surtout les nerfs des reins, sont principalement constitués par des fibres de Remak.

Ces ganglions sont presque tous renfermés dans les cavités splanchniques. Il en est cependant qui sont hors de ces cavités, par exemple ceux du cou. Il est vrai qu'à un certain point de vue le cou pourrait être considéré comme une cavité splanchnique.

Les ganglions sont mis en relation par des filets nerveux avec les racines des nerfs rachidiens ou avec les nerfs résultant de la fusion de deux racines correspondantes. On a considéré ces filets nerveux autrefois comme étant exclusivement des origines du grand sympathique; mais on sait aujourd'hui que ce sont, au contraire, en grande partie, des filets qui émanent du grand sympathique pour se rendre au système cérébro-spinal. Ce fait est déjà connu depuis longtemps, car il a été fort bien représenté dans les magnifiques planches de Ch. Bell qui n'était pas seulement un physiologiste éminent, mais qui était encore un artiste d'un grand talent. MM. Bidder et Völkmann se livrèrent à des recherches plus précises, surtout sur la grenouille, et les relations des ganglions sympathiques avec le système cérébro-spinal sont plus faciles à constater chez ce batracien que chez tout autre animal. Ils constatèrent que chez la grenouille presque tous les *rami communicantes* se rendent à la périphérie. J'ai bien souvent étudié ce point de l'anatomie du grand sympathique chez cet animal, et je me suis assuré que la disposition indiquée par ces auteurs est tout à fait exacte. Vous pouvez d'ailleurs vous en convaincre vous-même en jetant les yeux sur ces dessins micrographiques que j'ai faits sans aucune idée préconçue, et qui sont la représentation absolument sincère de la nature. Les conclusions de MM. Bidder et Volkmann ont d'ailleurs reçu une confirmation bien remarquable par suite des travaux de M. Waller, qui a fait sur ce point une application des plus heureuses de la méthode anatomique qu'il a créée et sur laquelle j'ai déjà appelé votre attention. Il a vu qu'après la section transversale des rameaux communiquants chez la grenouille, les bouts qui sont en rapport avec les nerfs rachidiens s'altèrent, tandis que les bouts qui tiennent aux ganglions sympathiques demeurent intacts. Ces rameaux nerveux viennent donc des ganglions sympathiques qui sont leurs centres trophiques et non de la moelle épinière. J'ai fait moi-même, comme je viens de le dire, de bien nombreuses recherches anatomiques sur ce sujet. J'ai constaté, comme d'autres histologistes, que la disposition indiquée par MM. Bidder et Volkmann, très-exacte chez la grenouille, n'est pas entièrement la même chez les mammifères. Les rameaux de communication entre les ganglions sympathiques et les nerfs rachidiens, les intercostaux, par exemple, se composent de fibres qui se dirigent avec ces nerfs vers la périphérie; mais il y en a un certain nombre, bien plus que chez la grenouille, qui remontent vers la moelle et vont se mettre en rapport avec les deux racines, surtout l'antérieure. Dans un bon nombre de ces rameaux de communications, il est même bien certain que le nombre de ces fibres qui vont vers la moelle épinière est plus grand que celui des fibres qui vont vers la périphérie. Vous pouvez vous rendre compte de ces faits anatomiques, si importants au point de vue physiologique, en étudiant cette autre série de dessins pris sur nature, d'après des préparations que j'ai faites sur le surmulot.

Il n'en est pas moins vrai que les dispositions anatomiques décrites par MM. Bidder et Volkmann et les résultats physiologiques obtenus par M. Waller donnent un appui considérable aux idées de Winslow et de Bichat qui considéraient le système nerveux du grand sympathique comme un système à part, contractant des rapports avec le système nerveux de la vie animale par des envois réciproques de fibres nerveuses.

Les filets qui émanent des ganglions du côté opposé à celui d'où naissent les *rami communicantes* sont destinés à divers organes, aux viscères, aux fibres musculaires qui font partie des parois des organes creux contenus dans les cavités viscérales. Le grand sympathique fournit aussi d'une manière toute spéciale aux tuniques musculaires des vaisseaux et des canaux de glandes.

Un fait remarquable, c'est que l'on trouve assez souvent, à l'extrémité périphérique des filets du grand sympathique, des cellules nerveuses. Je veux vous en citer deux exemples. M. Meissner a décrit le premier, dans la couche sous-muqueuse de l'intestin, un réseau très-riche de cellules nerveuses reliées les unes aux autres par leurs prolongements, et M. Auerbach en a découvert

Digitized by Google

un autre réseau entre les deux couches musculaires depuis le duodénum jusqu'au rectum. A ces réseaux de cellules nerveuses périphériques peuvent se rattacher les mouvements péristaltiques qui se produisent dans l'intestin détaché du reste de l'économie. Au lieu d'une réaction purement locale, comme celle qui devrait exister alors, si l'intestin ne contenait pas de centres nerveux dans ses propres parois, on a vu des mouvements péristaltiques succéder à l'excitation d'un seul point de l'intestin et montrer ainsi une généralisation de l'excitation produite. Cependant, je dois vous le dire, les faits anatomiques dont je vous parle ont été mis en doute par des anatomistes très-autorisés, tandis que d'autres auteurs affirmaient leur réalité. On n'est donc pas encore fixé définitivement sur la nature de ces cellules, et il y aurait de nouvelles recherches à faire pour dissiper ces doutes. La question en vaut la peine, car il s'agit là de particularités importantes.

M. Jacubowitsch a décrit des cellules sympathiques dans la moelle épinière. Il les considère comme le point de départ des fibres du grand sympathique. Je ne sais pourquoi il en fait le point de départ plutôt que le point d'arrivée de ces fibres. Ce serait encore là un sujet bien intéressant de recherches, car il n'est pas démontré que ces cellules de la moelle épinière se rattachent au système sympathique. Il est à peu près impossible de suivre anatomiquement les fibres sympathiques depuis les ganglions jusqu'à ces groupes cellulaires intra-médullaires. Des études physiologiques pourraient seules résoudre le problème. Mais comment aborder ce sujet par l'expérience? Je ne le sais pour le moment, mais il est évident que c'est ainsi seulement qu'on arrivera à quelques données sûres.

Nous avons vu que les anatomistes qui se sont occupés sérieusement de la question sont à peu près d'accord sur la direction des fibres dites d'origine du sympathique. Je rappelle que des expériences récentes de M. Cl. Bernard sont venues apporter une nouvelle confirmation expérimentale aux vues théoriques de Winslow et de Bichat en faisant bien voir que les ganglions sont des centres d'action reflexe. En isolant complétement le ganglion sous-maxillaire des autres centres nerveux, il a pu y provoquer des phénomènes excito-moteurs et déterminer par son intermédiaire une sécrétion réflexe de la glande salivaire sous-maxillaire.

Les expériences faites sur le système sympathique sont très-nombreuses, et je regrette bien de n'avoir pas le temps de les répéter devant vous. Je n'en ferai qu'une parce qu'elle est en quelque sorte classique, et c'est celle qui peut le mieux donner un spécimen des fonctions dévolues au grand sympathique.

Sur ce lapin nous pratiquons la section du grand sympathique au cou, et, comme Pourfour du Petit, qui a fait cette importante découverte, nous constatons le rétrécissement de la pupille du côté correspondant. Je vous ferai de plus remarquer que cette dilatation dure fort longtemps. Si, comme le fit M. Biffi en 1845, nous galvanisons le bout supérieur, nous observons que la pupille se dilate, et qu'elle se rétrécit dès que nous cessons cette galvanisation. Cette expérience fut reprise par MM. Waller et Budge (1851, 1852), et ils firent connaître un nouveau fait bien intéressant. Ils montrèrent en effet qu'en électrisant une certaine partie de la région cervico-dorsale de la moelle épinière, on obtient le même résultat qu'en excitant directement le cordon cervical du grand sympathique. Cette partie de la moelle paraît donc être le lieu d'origine des nerfs sympathiques destinés à l'iris, et ces auteurs lui donnèrent le nom de centre cilio-spinal.

Nous arrivons à la découverte si importante de M. Cl. Bernard. Il coupe au cou le filet du grand sympathique et il observe une contraction de la pupille et, en même temps, il constate la *dilatation des vaisseaux* et l'*élévation* de la température dans toute la moitié correspondante de la tête. Ces faits sont du plus haut intérêt, car ils ont fait connaître l'influence du grand sympathique sur la calorification, et, en outre, ils ont démontré d'une façon péremptoire que les vaisseaux sont contractiles. Dans les anciennes pathologies on avait soupçonné cette contractilité sans en fournir la preuve; on lui avait même fait jouer un grand rôle, bien que ce ne fût en quelque sorte qu'une vue de l'esprit. L'usage du microscope permit d'aller plus loin et stimula l'ardeur des anatomistes. Henle vit des fibres musculaires dans les parois des vaisseaux, et il en tira immédiatement des conséquences importantes relatives à la physiologie et à la pathologie. Stilling adopta ces vues et les étendit. Ce fut lui qui donna aux nerfs qu'il supposa se rendre à ces vaisseaux le nom de nerfs vaso-moteurs, nom qu'ils portent encore aujourd'hui. Mais, il faut bien le dire, ces idées fondées uniquement sur des faits anatomiques pouvaient être erronées. On pouvait avoir été abusé par une ressemblance de formes. Rien ne donnait la preuve que les fibres de la tunique moyenne des vaisseaux étaient bien des fibres musculaires. Il fallait que l'expérience vînt confirmer les données de l'anatomie, et c'est ce résultat que fournirent les travaux de MM. Claude Bernard, Brown-Séquard, Waller, Schiff.

Je vous rends témoins des phénomènes signalés par M. Claude Bernard. Vous voyez que lorsque l'on a coupé le cordon cervical du grand sympathique, l'oreille de ce lapin devient plus vasculaire, pour ainsi dire, ou pour mieux dire, que les vaisseaux se dilatent et que la chaleur augmente. Si, comme M. Brown-Séquard l'a fait le premier, et cela complète la démonstration, on galvanise le bout supérieur du cordon coupé, les vaisseaux se contractent, le sang disparaît et la température baisse. Je tiens à vous faire observer que cette expérience prouve bien la contractilité dans les vaisseaux d'un moyen calibre. Mais elle n'implique pas du tout comme résultat une contractilité des vaisseaux capillaires véritables, comme on le dit si souvent. Les vaisseaux capil-

Digitized by Google

laires ne sont pas contractiles, sachez-le bien. Et si quelques doutes existent encore relativement à ce fait physiologique, c'est à cause des fausses idées que certains histologistes ont émises sur la classification des vaisseaux. On admet encore aujourd'hui des vaisseaux capillaires de plusieurs ordres, de trois ordres. Eh bien, à parler strictement, physiologiquement, il n'y a qu'un seul ordre de capillaires, ou bien il faudrait rayer ce mot de la science. Les vrais, les seuls capillaires, ce sont ces vaisseaux dont la paroi est constituée par une membrane anhiste, qui sont les intermédiaires entre les dernières artérioles et les premières veinules. Ce sont ces vaisseaux qui seuls ont pleinement droit à former une catégorie spéciale. Ce sont eux, en effet, qui ont exclusivement des fonctions spéciales. C'est là seulement que s'exécutent les échanges respiratoires, excitateurs et nutritifs. Or ces canalicules sont dénués de toute contractilité, et lorsqu'on vous parle de contraction des capillaires, on commet un abus bien regrettable de langage. En résumé, les artères et les artérioles, les veines et veinules sont contractiles à des degrés divers; les capillaires ne le sont pas.

Le grand sympathique a, chez les autres vertébrés, la même action sur les vaisseaux que celle que vous venez de constater chez les mammifères. Voyez ces grenouilles auxquelles j'ai enlevé, par avulsion, le ganglion cervical d'un côté. Vous pouvez reconnaître qu'il y a, outre la constriction de la pupille du côté correspondant, dilatation des vaisseaux de l'œil et rougeur très-marquée de la membrane muqueuse de toute la moitié correspondante de la cavité buccale. Je suis même convaincu qu'en se plaçant dans certaines conditions, et en employant un moyen thermométrique très-sensible, on trouverait une légère élévation de température du côté opéré.

Je ne puis que vous donner un sommaire très-restreint de l'étude qu'il faudrait faire relativement au grand sympathique. Je me borne à vous dire en courant, en quelque sorte, qu'il a une grande action sur la nutrition et sur la sécrétion, non pas d'une façon directe, mais bien en réglant le cours du sang, en agissant sur les canaux qui le contiennent. Il a aussi, et de la même façon, une très-grande influence sur la respiration et la chaleur animale.

Je m'arrête, faute de temps, dans cette trop insuffisante énumération, pour vous présenter quelques considérations sur le système nerveux des principaux groupes du règne animal. Examinons d'abord les invertébrés; tout d'abord nous nous trouvons en présence des Protozoaires et des Zoophytes.

Pour les Rhizopodes, qui forment la classe la plus inférieure, nous avons vu qu'ils ne présentent aucun indice de système nerveux, bien qu'ils aient un certain degré de mouvements spontanés et une excitabilité non équivoque. Ont-ils de l'instinct? Vous vous souvenez de ce que je vous ai dit des Rhizopodes. Ont-ils plus d'instinct que la plante? Quelques auteurs, Carpenter entre autres, disent que non. On voit des expansions qui se forment, s'accroissent, s'allongent, se raccourcissent, disparaissent, se montrent de nouveau. Mais tous ces mouvements sont éventuels, aveugles, sans adaptation manifeste à un but, sans apparence d'intention volontaire. Ces expansions adhèrent à un objet placé à leur portée, puis à la suite d'une sorte d'excitation produite par ce contact elles se rétractent petit à petit. Si l'objet est plus lourd que le corps de l'animal, ce dernier est transporté, d'où il y a locomotion. Si au contraire l'objet est moins lourd que l'animal, il est attiré. Il n'y a dans ces actes rien de volontaire. Pour la digestion, il en est de même : la préhension des aliments paraît n'être dirigée par aucun instinct, et je ne saurais vous citer à l'appui de cette proposition de meilleur exemple que les *Pamphagus* qui avalent tout objet qui se trouve à leur portée, quitte à rejeter ce qui est impropre à leur nutrition. Il en est aussi de même pour la reproduction. Elle s'effectue par la séparation de petites parcelles du corps même de l'animal; mais cette séparation se fait sans ordre, sans que la volonté de l'animal y participe. Aussi, en examinant ces fonctions, on peut réellement être conduit avec Carpenter à refuser à ces animaux l'instinct; par conséquent l'absence de tout système nerveux n'aurait rien que de très-compréhensible.

Les Infusoires proprement dits, lesquels sont rangés parmi les Protozoaires, paraissent avoir de l'instinct, et cependant il n'y a pas non plus chez eux de système nerveux nettement reconnaissable. Des auteurs, s'appuyant sur l'absence de système nerveux, veulent refuser à ces animaux de l'instinct. Je crois que c'est aller beaucoup trop loin. On peut ne pas trouver un système organisé ayant une forme spéciale; mais il peut fort bien y exister de la matière nerveuse amorphe, diffuse, ainsi que je vous l'ai déjà dit. Dans toute la classe des Polypiers, nous trouvons la même difficulté pour l'instinct. Dans la classe des Hydraires, dont le type le plus connu est l'Hydre ou Polype d'eau douce, il n'y a pas davantage de système nerveux. De même chez les Zoanthaires. Chez les Actinies, par exemple, les recherches de M. Hollard ont démontré que lorsqu'on excite un tentacule, l'animal le retire, mais ce n'est que successivement que les autres tentacules ressentent l'impression et l'accusent par un mouvement de retrait. Il ne paraît pas y avoir de centre nerveux commun pour les divers tentacules; autrement, à l'occasion d'une excitation un peu forte d'un des tentacules, tous les tentacules exécuteraient simultanément un mouvement plus ou moins accusé. J'en dirai autant des Madrépores, des Antipathes, des Gorgonaires, des Corallidées. Il y a chez ces animaux qui se construisent des loges, il y a, dis-je, des manifestations que l'on pourrait qualifier d'instinctives, et cependant, comme dans les Polypes d'eau douce, il n'y a pas de rudiments reconnaissables de système nerveux.

Digitized by Google

Nous arrivons à une classe, celle des Acalèphes, qui a été dotée par certains auteurs d'un système nerveux. Mais je crois que quelques anatomistes sont allés trop loin en admettant trop facilement comme appartenant à un pareil système tel ou tel filament, tel ou tel glomérule gangliforme; et les indications de Grant, par exemple, me paraissent erronées en grande partie.

M. Milne Edwards a décrit le premier pour une sorte de Béroé (*Lesueuria vitrea*) des petits corps ganglionnaires à l'extrémité postérieure du corps, envoyant en avant quelques filets nerveux. De plus, dans les côtes de cet Acalèphe on trouve un nerf d'où naîtraient à des intervalles réguliers des filaments. Ce fait a été confirmé sur d'autres genres (*Cydippe, Eucharis, Medea*), par Will (*Horæ Tergestinæ*).

Chez les Méduses, Ehrenberg a décrit un ganglion à la base de chaque tentacule, au niveau de ces organes qu'il avait désignés comme des organes visuels, à cause du pigment qu'ils présentent souvent. Vous savez du reste que nous avons attiré votre attention sur ce fait. J'ajouterai seulement que quelques auteurs, comme Will, ont voulu y voir un appareil auditif parce qu'ils contiennent des corpuscules calcaires de forme cristalline comparables à l'otoconie, cette poussière blanchâtre que l'on trouve dans l'oreille interne des mammifères. D'après M. Agassiz, qui a fait d'excellentes études au microscope sur ce sujet, le système nerveux des Méduses consiste en un cordon simple ou rang de cellules ovalaires formant un anneau autour du bord inférieur de l'animal et s'étendant d'une tache oculaire à l'autre. Ce cordon suit le canal chymifère circulaire, se rend de là sur chaque branche verticale et forme en haut de ces branches un autre cercle, comme on le voit sur la *Sarsia mirabilis*. Ce système est formé par une substance entièrement cellulaire dont l'élément est une cellule oviforme; on y chercherait en vain des fibres véritables. Cependant, d'après M. Agassiz, le cercle supérieur serait constitué par des éléments filamenteux et l'on pourrait voir là un appareil nerveux. Cette détermination, M. Agassiz ne l'avance du reste qu'avec de grandes réserves.

Sur ces animaux aucune expérience n'a été tentée pour démontrer la présence d'un système nerveux. Il est évident qu'ils sont excitables et qu'ils se meuvent, il est probable qu'ils ont de l'instinct, mais où en chercher la preuve? M. Agassiz ne mentionne qu'un seul fait expérimental ; il a constaté que l'on pouvait engourdir avec l'éther et avec le chloroforme ces animaux. Mais vous savez déjà combien de telles expériences sont peu significatives. Vous savez que l'on peut obtenir le même effet sur la sensitive. Il est inutile de dire que, chez ces animaux, on ne doit pas chercher un système nerveux viscéral correspondant au sympathique, distinct d'un autre système central correspondant au myélencéphale des vertébrés.

Chez les Échinodermes, qui présentent déjà un degré supérieur d'organisation, dont la peau est revêtue parfois d'appendices calcaires, dont la bouche est également armée de mandibules dures, on a décrit un système nerveux.

Tiedemann a le premier décrit chez l'Astérie un système concentrique à la bouche. De ce cercle partent des filets qui vont vers chaque rayon et d'autres qui se dirigent vers la bouche. On possède au musée d'anatomie d'Heidelberg la préparation de Tiedemann qui montre cette disposition.

Une disposition analogue a été décrite par M. Krohn chez les Échinoïdées (Oursins et Spatangues), mais cette disposition qui, sur une figure schématique, paraît de la plus grande clarté, est, en réalité, extrêmement difficile à constater. Ni Tiedemann, ni M. Krohn n'ont vu de ganglions dans l'anneau œsophagien qu'ils ont décrit. Wagner en aurait vu, mais il est, je crois, douteux qu'il n'y ait pas eu là quelque illusion.

J'irai plus loin : je crois que le fait même de l'existence du système nerveux, tel qu'il a été décrit par les précédents auteurs, pourrait être mis en doute. Je l'ai cherché avec soin chez les Astéries, mais en vain; j'en dirai autant des Spatangues, et, pour ces derniers animaux surtout, il n'y a aucune difficulté de dissection. Aussi si le système nerveux existait, on l'aurait facilement aperçu.

Il paraît au contraire assez bien démontré que ce système existe chez les Holothuries, sous une forme assez analogue à celle qui a été décrite chez les Astéries et que nous venons de déclarer très-douteuse. D'après Müller, il y aurait aussi une disposition analogue chez les Ophiures, et enfin, d'après MM. Quatrefages et Waville Thomson, chez les synaptes.

Ce que j'ai dit relativement aux Astéries et aux Oursins ne s'applique du reste qu'à la description qui a été donnée, et non à l'existence même du système nerveux.

Chez ces animaux, Ehrenberg a décrit des taches oculaires. Vous pouvez voir à l'extrémité de chacun des rayons de ces Astéries, conservées dans l'alcool, un petit point rougeâtre que l'alcool a d'ailleurs en partie décoloré. Ce sont là les yeux rudimentaires des Astéries. Dans un mémoire assez récent, M. Ernst Haeckel a étudié à propos de ces yeux les éléments qui vont se mettre en rapport avec ces organes et qui lui ont paru faire partie du système nerveux. Il a décrit des fibres nerveuses cylindriques, devenant variqueuses dans l'eau ainsi que des cellules nerveuses apolaires.

On n'a pu faire que très-peu d'expériences dans le but de répondre aux questions qui se rattachent à l'existence et aux fonctions du système nerveux chez ces animaux.

J'ai essayé d'enpoisonner des Astéries par le curare; ces tentatives n'ont eu que des résultats négatifs. Mais évidemment on ne peut tirer de là aucune conclusion d'une valeur sérieuse. J'ai cherché ensuite si quelques vivisections ne pourraient pas fournir des données utiles,

Digitized by Google

soit au point de vue anatomique, soit au point de vue physiologique, et voici les expériences que j'ai faites.

Tous les animaux ont une tendance à une attitude normale. Cette tendance se trouve donc chez les vertébrés et chez les invertébrés, et, chez les premiers, il est facile de voir qu'il s'agit là d'un fait indépendant de la volonté, car cette tendance se manifeste tout aussi bien après l'ablation du cerveau proprement dit, que lorsque l'encéphale est tout à fait intact (Batraciens). Cette tendance est d'ailleurs tout aussi impérieuse chez les animaux inférieurs que chez les animaux supérieurs. Ainsi lorsqu'on place dans l'eau une Astérie sur le dos, elle remue presque aussitôt ses tentacules, cherche à les fixer au sol et y parvient au bout de quelques instants. Elle retourne alors le rayon dont les tentacules se sont les premiers fixés, puis successivement elle retourne ses quatre autres rayons. J'ai décrit ailleurs ces phénomènes dans tous leurs détails (*Soc. de biologie*, 1861). On peut se demander si l'Astérie mise en expérience n'est pas dirigée dans les efforts qu'elle fait pour se retourner par la vue qui lui indiquait qu'elle n'est plus dans son attitude normale et qui dirigeait en même temps le sens de ses efforts. Mais l'examen seul des mouvements que l'animal exécute, de leur incertitude, de leurs variétés, suffirait pour montrer l'inanité de cette hypothèse, d'après laquelle d'ailleurs il faudrait admettre chez les Astéries une vue bien plus développée que celle qu'elles peuvent avoir, vu l'imperfection des points oculiformes. On peut d'ailleurs dissiper tous les doutes qui pourraient exister sur ce sujet: on peut enlever l'extrémité de chacun des rayons avec l'œil rudimentaire qui s'y trouve, placer l'Astérie ainsi opérée sur sa face dorsale, dans l'eau, et on la voit exécuter les mouvements nécessaires pour se tourner sur sa face tentaculaire, exactement comme le ferait une Astérie intacte.

Si l'on pratique sur chaque côté d'un rayon une section qui passe par l'angle rentrant qui le sépare des deux rayons voisins pour aller se croiser sur l'orifice buccal de l'animal, on voit ce rayon ainsi détaché du reste de l'animal revenir à sa position normale lorsqu'on le pose sur sa face dorsale, et conserver son attitude normale dès qu'il l'a reprise.

Si je pratique la section dans un autre sens, si je sépare un rayon du reste de l'animal par une section transversale passant près de la base de ce rayon, le tronçon ainsi isolé se livre à des mouvements désordonnés, se retourne pour se renverser quelques instants après et ne parvient pas à garder son attitude normale lorsqu'il parvient à la reprendre. Au contraire, l'animal mutilé, réduit à quatre rayons, reprend et conserve très-bien son attitude normale. La différence que nous observons dans ces expériences entre un rayon séparé du reste de l'animal, de façon à être en rapport avec sa propre partie basilaire, et un rayon séparé de sa base, semble indiquer qu'il y a dans cette partie basilaire une disposition organique qu'il faut regarder comme le siége de la tendance à l'attitude normale pour chaque rayon.

D'autre part, il est facile de montrer expérimentalement que les divers rayons d'une étoile de mer sont en rapport les uns avec les autres pour l'exécution du mouvement de renversement du corps, et qu'il y a là une sorte de vague *consensus*, sans lequel le mouvement n'arriverait presque jamais à bonne fin. En effet, si l'on pratique deux sections partant de chaque côté d'un des rayons, c'est-à-dire de l'angle rentrant qui le sépare des deux rayons voisins, et se dirigeant vers le centre de l'ouverture buccale, mais sans se prolonger jusque-là, le rayon en question ne sera pas entièrement détaché du reste de l'étoile de mer, mais on aura tranché en grande partie ses moyens d'union avec les autres rayons. Or, dans ces conditions, si l'Astérie est mise sur le dos, on verra que, pendant que les quatre rayons intacts tenteront de faire reprendre à l'animal son attitude normale, le rayon à moitié détaché travaillera pour son propre compte, en égoïste, se retournera, et, d'ordinaire, rendra très-difficile, sinon impossible, le mouvement d'ensemble qui doit remettre l'Astérie sur sa face tentaculaire. Si les sections ont été faites de façon à isoler à moitié deux rayons du reste de l'étoile de mer, jamais elle ne parviendra à reprendre son attitude normale, à cause du travail désharmonique et toujours inverse, des deux parties de l'animal.

Les effets de ces expériences semblent ne pouvoir s'expliquer qu'en admettant une disposition du système nerveux analogue, à celle qui a été décrite par Tiedemann. Cependant, je le répète, mes recherches anatomiques ne m'ont pas permis de constater *de visu* cette disposition. C'est un sujet qui mérite assurément de fixer de nouveau l'attention des anatomistes. Ce qu'il faut surtout, ce sont des études histologiques qui puissent déterminer d'une façon exacte la signification des parties auxquelles on donne, trop facilement peut-être, et sur des indices insuffisants, le nom de système nerveux.

En tout cas, en admettant la réalité de l'existence du système nerveux chez un grand nombre de Zoophytes, cet appareil serait évidemment encore bien rudimentaire, et ses fonctions seraient encore bien restreintes. Les Zoophytes ont une excitabilité manifeste, des mouvements spontanés non douteux, mais incomplétement dirigés par la volonté. Il n'y a encore que quelques faibles lueurs d'instinct. Un instinct assez remarquable, semblable à celui qui existe chez des animaux des autres embranchements, a été signalé chez certains Oursins, les Oursins perforants qui exécutent dans les rochers un travail de perforation analogue à celui que pratiquent les Pholades.

Telles sont les considérations auxquelles je suis forcé de me borner, relativement à l'étude physiologique du système nerveux chez les Zoophytes. Nous voyons là ce système à l'état rudimentaire, lorsqu'il existe, et les fonctions dites nerveuses sont à peine ébauchées. Nous

Digitized by Google

allons voir le système nerveux et ses diverses fonctions se perfectionner d'une façon notable chez un certain nombre d'animaux de l'embranchement des Mollusques.

E. Bremond.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### IX.

**Des réactions endothermiques et exothermiques.**

Nous allons nous occuper aujourd'hui des réactions envisagées au point de vue du signe des quantités de chaleur, c'est-à-dire selon qu'elles absorbent ou dégagent de la chaleur.

J'appelle *réaction exothermique*, toute réaction qui dégage de la chaleur; et *réaction endothermique*, toute réaction qui absorbe de la chaleur. Appliquons ces notions aux combinaisons.

En général, lorsqu'une combinaison se produit directement, il y a un dégagement plus ou moins considérable de chaleur. C'est ainsi que lors de la formation de 18 grammes d'eau, il y a un *dégagement* de 69 000 calories. Réciproquement, pour décomposer cette quantité en ses éléments oxygène et hydrogène, il y aura *absorption* de 69 000 calories; telle est la condition indispensable pour que la décomposition ait lieu. Les deux phénomènes sont donc réciproques.

L'acide sulfurique étendu d'eau et mêlé avec 1 équivalent de potasse dissoute dans une suffisante quantité d'eau dégage 16 000 calories. Réciproquement, si l'on décompose le sulfate produit en acide et alcali étendus, il y aura 16 000 calories absorbées; ce chiffre mesure le travail nécessaire pour provoquer la séparation.

Ainsi, dans la plupart des cas, il y a dégagement de chaleur dans les combinaisons; absorption de chaleur dans les décompositions.

La loi générale que je viens d'énoncer souffre quelques exceptions, c'est-à-dire que dans certains cas les phénomènes se passent précisément en sens inverse; il y a des combinaisons qui donnent lieu à une absorption de chaleur, et des décompositions, à un dégagement de chaleur. Leur étude présente un grand intérêt, au point de vue de la théorie générale des actions chimiques.

Avant d'en tenter l'explication, citons les principaux exemples connus et qui appartiennent, du reste, aussi bien à la chimie minérale qu'à la chimie organique.

La plupart des composés oxygénés du chlore sont gazeux à la température ordinaire; tels sont les acides hypochloreux, chloreux, hypochlorique. Or, tous ces gaz détonent très-facilement, avec production de lumière et de chaleur, en se résolvant dans leurs éléments, oxygène et chlore.

$$ClO^4 = Cl + O^4.$$

Voilà donc des composés résolubles en éléments, avec dégagement de chaleur.

Donc la réunion de ces mêmes éléments a donné lieu à une absorption de chaleur.

Le chlorure d'azote détone par le choc, et même spontanément; il en est de même du composé $AzHI^2$. Dans les deux cas, il peut y avoir production de lumière, de chaleur et même d'effets mécaniques considérables. Ce sont encore là des combinaisons formées avec absorption de chaleur.

Le coton-poudre, soumis au choc ou à l'action d'une petite quantité de chaleur initiale, se décompose avec un vif dégagement de chaleur et de lumière; d'ailleurs les produits qui se forment sont tous très-simples, car ils consistent surtout en eau, azote, carbone et leurs composés oxygénés.

Voici maintenant de l'oxalate d'argent; en chauffant légèrement ce sel, nous le voyons se décomposer brusquement, avec une explosion qui peut être dangereuse dès que l'on opère avec une quantité suffisante de produit; l'acide carbonique et l'argent sont les deux produits de la réaction :

$$C^4Ag^2O^8 = C^4O^8 + Ag^2.$$

L'eau oxygénée très-concentrée se décompose, avec explosion et chaleur, en oxygène et en eau ordinaire, au contact de la mousse de platine ou du bioxyde de manganèse :

$$H^2O^4 = H^2O^2 + O^2.$$

La chaleur dégagée dans ce cas a été mesurée; elle est égale à 21 700 calories, pour les poids inscrits dans la formule ci-dessus. C'est précisément cette quantité de chaleur qui a été absorbée lors de la combinaison de l'oxygène et de l'eau.

Citons encore quelques exemples; comme les causes de ces singuliers phénomènes peuvent être très-différentes, il est bon de multiplier les citations, afin de pouvoir embrasser ces phénomènes dans leur ensemble.

Lorsque l'on projette des cristaux d'azotate d'ammoniaque

$$AzO^5,HO.AzH^3$$

dans un creuset porté au rouge sombre, il y a décomposition avec dégagement de lumière, ce qui atteste un dégagement de chaleur assez considérable. La cause de ce dégagement de chaleur paraît être toute différente de celle qu'il faut assigner à la décomposition de l'eau oxygénée.

Lorsque l'on chauffe dans une petite cornue de l'azotate d'ammoniaque, on obtient du protoxyde d'azote, $Az^2O^2$; Dulong fit cette remarque curieuse que tandis que

(1) Voyez les nos 27, 28, 29, 30 et 32; et pour le cours du premier semestre, les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

Digitized by Google

1 gramme de carbone, en brûlant dans l'oxygène, dégage 8000 calories, il dégage environ 11 000 calories en brûlant dans du protoxyde d'azote; MM. Favre et Silbermann ont repris cette expérience et ont trouvé 11 160 calories.

D'où vient, dans cette deuxième expérience, cet excès de chaleur, qui s'élève à plus de 3000 calories? Il faut de toute nécessité admettre, pour expliquer cette anomalie, que le protoxyde d'azote, en se décomposant, dégage de la chaleur au lieu d'en absorber.

En effet, considérons deux molécules de protoxyde $2Az^2O^2$, ils peuvent brûler deux équivalents de carbone, ce qui donne :

$$C^2 + 2Az^2O^2 = C^2O^4 + Az^4.$$

Tel est le résultat final auquel on arrive; mais on peut aussi arriver au même but en partant d'un autre système initial équivalent :

$$Az^4 + O^4 + C^2 = C^2O^4 + Az^4.$$

Toute la différence consiste que dans le premier cas, on a d'abord combiné l'oxygène à l'azote pour former du protoxyde; puis on a brûlé le carbone par le protoxyde d'azote; tandis que dans le second cas on opère directement la réunion de l'oxygène et du carbone. La chaleur totale dégagée est nécessairement la même dans les deux cas.

Or, dans le premier cas, où la réaction se fait d'un seul coup, entre l'oxygène libre et le carbone, il y a production de 94 000 calories par 12 grammes de carbone ($C^2O^4$). Dans le second, l'action se fait en deux temps : 1° combinaison de l'azote avec l'oxygène; 2° réaction du carbone sur le protoxyde. L'expérience indique que 1 gramme de carbone, en brûlant dans le protoxyde d'azote, dégage 11 000 calories; donc 12 grammes de carbone dégageront

$$12 \times 11\,000 = 132\,000 \text{ calories.}$$

La différence est donc égale à 38 000 calories. Mais on a

$$94\,000 = \alpha + 132\,000,$$

$\alpha$ étant la chaleur nécessaire à la production du protoxyde, on en conclut que l'azote, en se combinant à l'oxygène, absorbe 38 000 calories; donc le protoxyde d'azote, en se décomposant, doit dégager précisément cette quantité de chaleur. C'est ainsi seulement que l'égalité se trouve rétablie, conformément au principe de l'équivalence mécanique de la chaleur.

Or, l'expérience directe faite par MM. Favre et Silbermann a montré que 1 gramme d'oxygène, en se séparant de l'azote, dégage 1100 calories, donc

$$Az^2O^2(O^2 = 16) \text{ dégage... } 1100 \times 16 = 17\,600$$

et

$$2(Az^2O^2) \text{..... .....} 17\,600 \times 2 = 35\,200.$$

Donc l'expérience directe confirme le résultat du raisonnement.

En résumé, le protoxyde d'azote nous montre un nouvel exemple d'une combinaison chimique qui se produit avec absorption de chaleur.

Voici un autre exemple tiré de la chimie organique. 1 gramme d'acide formique dégage en brûlant 2090 calories. Comparons ce nombre au mode de formation et à la formule de cet acide; on a

$$C^2H^2O^4 = 46,$$

dégageant par conséquent :

$$2090 \times 46 = 96\,000 \text{ calories environ.}$$

Cette chaleur résulte de la combustion d'un équivalent de ce corps par l'oxygène :

$$C^2H^2O^4 + O^2 = C^2O^4 + H^2O^2.$$

Tel est le phénomène chimique qui répond à 96 000 calories. Si nous cherchons à comparer ce nombre à celui qui résulte de la combustion des éléments, nous arriverons à un résultat remarquable.

En effet, j'ai démontré que l'acide formique résulte de la combinaison de l'oxyde de carbone avec l'eau :

$$C^2O^2 + H^2O^2 = C^2H^2O^4.$$

Ceci posé, on peut faire deux séries d'expériences pour opérer la combustion.

1re *série.* $C^2O^2 + H^2O^2 + O^2 = C^2O^4 + H^2O^2.$

L'oxyde de carbone est brûlé en présence de la vapeur d'eau qui ne joue aucun rôle.

2e *série.* — Dans une autre expérience, on peut d'abord combiner l'oxyde de carbone avec l'eau, puis brûler l'acide formique produit par l'oxygène.

$$C^2O^2 + H^2O^2 = C^2H^2O^4; \quad C^2H^2O^4 + O^2 = C^2O^4 + H^2O^2.$$

On doit avoir dans les deux cas la même quantité de chaleur dégagée. Or, l'expérience indique dans le premier cas 69 000 calories pour l'oxyde de carbone, et dans le second 96 000 comme chaleur de combustion de l'acide formique.

Il faut admettre, pour expliquer cette anomalie, que la combinaison de l'eau avec l'oxyde de carbone absorbe de la chaleur, soit

$$96\,000 - 69\,000 = 27\,000 \text{ calories.}$$

Réciproquement, lors de la décomposition de l'acide formique en eau et en oxyde de carbone, il doit y avoir dégagement de chaleur. C'est là une conséquence nécessaire, si les raisonnements qui précèdent ne sont pas entachés d'erreur et si l'explication que l'on vient de donner de cette anomalie apparente est exacte.

Démontrer ce dégagement de chaleur, lors de la décomposition de l'acide formique, paraissait difficile, car la décomposition est lente, et de plus elle ne se fait qu'à une haute température. J'y suis cependant parvenu en me servant, comme intermédiaire, de la mousse de platine. On peut ainsi effectuer la décomposition de l'acide formique vers 250 degrés avec facilité; mais comme on opère sur un corps gazeux, et par suite sur

Digitized by Google

de très-faibles masses, il en résulte qu'il faut un appareil d'une grande sensibilité pour arriver au résultat cherché. Voici la disposition à laquelle je me suis arrêté.

Une petite cornue contient de l'acide formique que l'on vaporise; la vapeur, en passant dans un petit serpentin placé dans un bain d'huile maintenu à 250 degrés, prend précisément cette température; elle arrive ensuite dans un petit ballon de verre contenant de la mousse de platine et placé au centre d'un grand ballon rempli d'air. Cette disposition est nécessaire, car si le petit ballon était placé au sein du liquide huileux directement, la masse de ce dernier est si considérable que la chaleur que l'on veut mesurer serait immédiatement absorbée; elle ne pourrait guère influencer le petit thermomètre qui doit indiquer la température développée dans la réaction. On recueille d'ailleurs au dehors les produits qui se dégagent pour en constater la nature.

Pour faire l'expérience, on chauffe le bain d'huile à 250 degrés et l'on attend que l'équilibre de température soit établi dans toute la masse, ce qui a lieu quand les deux thermomètres placés, l'un dans le bain d'huile, l'autre dans le petit ballon, marquent sensiblement la même température.

Ceci posé, on chauffe l'acide formique et l'on observe que dès qu'il arrive dans le ballon central il se décompose : en même temps le thermomètre intérieur monte de 10 à 12 degrés au-dessus de la température du bain.

Mais pour que l'expérience soit concluante, il faut la prolonger pendant quelque temps, vingt minutes, par exemple. En effet, dans les premiers moments, le platine en condensant la vapeur formique dégage une petite quantité de chaleur. Mais cet effet n'est que momentané, et il n'a plus lieu lorsque la saturation de la mousse de platine par la vapeur a été effectuée.

Au reste, des expériences comparatives ne peuvent laisser aucun doute sur ce point; par exemple, quand on fait passer de la vapeur d'acide acétique dans le même appareil, phénomène qui n'est accompagné d'aucune décomposition, le thermomètre intérieur monte tout d'abord de 2 ou 3 degrés au commencement de l'expérience, par suite de l'action condensante du platine sur la vapeur; mais bientôt les deux thermomètres reviennent d'accord. Ceci prouve, en outre, que la vapeur acide prend exactement la température du bain d'huile en traversant le serpentin. Cette expérience lève donc toute objection, et permet de conclure que l'acide formique en se décomposant dégage de la chaleur.

Il est vrai que les produits de la décomposition ne sont pas de l'oxyde de carbone et de l'eau, mais bien de l'acide carbonique et de l'hydrogène :

$$C^2H^2O^4 = C^2O^4 + H^2.$$

Mais cette circonstance ne change rien à notre résultat. En effet, l'oxyde de carbone, en brûlant pour former l'acide carbonique, dégage 69 000 calories, c'est-à-dire la même quantité que l'hydrogène pour former de l'eau :

$$H^2 + O^2 = H^2O^2 \ldots 69\,000,$$
$$C^2O^2 + O^2 = C^2O^4 \ldots 69\,000.$$

Ainsi, que l'acide formique fournisse de l'acide carbonique et de l'hydrogène, ou qu'il donne de l'oxyde de carbone et de l'eau, la chaleur dégagée reste la même (1).

Cette décomposition d'une matière organique avec dégagement de chaleur est intéressante au point de vue de la chimie animale. On voit, en effet, que le calcul de cette chaleur, d'après la quantité d'oxygène consommée et la quantité d'acide carbonique formée, comme on l'a exécuté autrefois n'est pas exact; car il se forme dans le corps des animaux une foule de corps organiques intermédiaires, et il est probable que quelques-uns d'entre eux peuvent se décomposer avec dégagement de chaleur.

Nous avons dit en commençant que nous désignerions les réactions, suivant qu'elles dégagent ou qu'elles absorbent de la chaleur, par les noms de *réactions exothermiques* et de *réactions endothermiques*. Parmi les premières, viennent se ranger la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène, la décomposition de l'eau oxygénée, celle de l'acide formique. Parmi les secondes, la décomposition de l'eau, la formation de l'acide formique, etc.

La plupart des combinaisons sont exothermiques; la plupart des décompositions, endothermiques.

Les changements isomériques donnent lieu à des considérations analogues, fort importantes au point de vue calorifique.

Prenons comme exemple le soufre. Soumis à une température supérieure à 170 degrés et refroidi brusquement, il devient mou. Il se distingue alors du soufre ordinaire par une propriété curieuse. En effet, si, à l'exemple de M. Regnault, on le chauffe dans un bain d'huile à 100 degrés, il repasse à l'état de soufre ordinaire en dégageant de la chaleur; c'est donc là une réaction exothermique.

Je suis arrivé à des résultats analogues en prenant, au lieu du soufre mou, le soufre insoluble obtenu en traitant par le sulfure de carbone, soit le soufre mou durci spontanément, soit le soufre insoluble produit dans quelque réaction. Si ce soufre insoluble, finement pulvérisé, est chauffé à 108 degrés, il se ramollit bientôt, la température monte à 117 degrés et la masse entre en fusion, bien que le bain d'huile marque toujours rigoureusement 108 degrés. Cette propriété remarquable appartient donc bien en propre au soufre insoluble, en tant qu'état chimique défini.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

(1) Ceci n'est pas tout à fait exact, le nombre 69 000 se rapportant à la formation de l'eau liquide et non de l'eau gazeuse : on y reviendra. Mais la signification générale du phénomène n'en reste pas moins la même.

Digitized by Google

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ZOOLOGIE (1).

### COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

### X.

### Historique du Corail.

Il n'est guère possible aujourd'hui de douter que le corail soit un animal; beaucoup de pêcheurs croient cependant encore que le corail est une plante, et grand est l'étonnement de ceux auxquels on montre la sensibilité de ses barbules rétractiles. C'est qu'en effet le corail a toutes les apparences d'une plante, et l'on va voir combien de temps il a fallu pour amener la conviction parmi les savants eux-mêmes et combien d'opinions diverses se sont succédé sur ce point.

Dès l'antiquité la plus reculée, le corail a été employé comme objet d'ornement; il y a, par conséquent, bien longtemps que les hommes ont dû se demander d'où il venait, comment il se formait; et, comme cette origine était cachée, elle a fourni matière à une fiction poétique qui expliquait tout. Orphée raconte, en effet, que lorsque Persée eut débarrassé le monde de la Gorgone Méduse, dont le regard métamorphosait en pierre tout ce qui l'approchait, il alla purifier ses mains sur le rivage et y déposa la tête sanglante du monstre; de ce sang, pétrifié par le contact de la tête de Méduse, naquit le corail.

On trouve les vers d'Orphée rapportés par Louis Gansius dans un traité du corail, et dans ce même livre on apprend, par la citation d'un autre poëte, que le corail préserve de la foudre, des ombres sataniques; que, répandu en poudre dans les champs, il les féconde; que, porté au cou, il enlève les douleurs de ventre, etc.

La nature pierreuse du corail n'était cependant pas admise tout à fait universellement; Théophraste, Dioscoride et Pline ont admis qu'il était une plante, et Dioscoride en particulier dit quelque part que : « Le corail, qu'on nomme *arbre de pierre*, est en vérité une plante marine. »

Ce fut là, du reste, l'opinion de Tournefort, qui, dans un mémoire écrit en 1700, assurait que la nature végétale du corail était évidente; Bernard de Jussieu partageait la même croyance.

Quant à Réaumur, il voulut tout concilier; voici un passage d'un de ses mémoires présenté à l'Académie royale des sciences :

« Mais revenons encore à la comparaison des plantes et des animaux, » et remarquons qu'il y a plusieurs espèces de ces derniers qui sont » recouvertes de pierres. Les coquilles, si variées par leurs figures et » leurs couleurs, que sont-elles autre chose que des pierres du genre » de celles dont on fait de la chaux? Nous avons expliqué ailleurs leur » formation. Un suc pierreux est charrié à la surface du corps de » l'animal, il prend consistance, il s'y rassemble par couches qui, » ajoutées les unes aux autres, forment une couverture solide qui dé- » fend les parties délicates. Le même suc pierreux, ou le sable rouge » déposé par couches au-dessous de cette plante qui n'a que l'épaisseur » d'une écorce, lui forme la tige, le soutien qui lui est nécessaire. » Dans l'un et dans l'autre cas, dans celui de la formation des coquilles » et dans celui de la formation du corail, la matière pierreuse s'échappe » des vaisseaux et n'est plus reprise ni par les vaisseaux qui l'ont » portée ni par d'autres. En un mot, les coquilles sont des pierres » produites par des animaux, et les coraux des pierres produites par » des plantes; mais les coraux n'en sont pas plus plantes, comme les » coquilles n'en sont point animaux. »

On voit donc que Réaumur cherche à concilier les deux opinions en distinguant la partie dure, concrétion indépendante, de l'écorce, qui est un véritable végétal.

Avant Réaumur, Boccone, gentilhomme sicilien, s'élevait (1674) contre cette idée de considérer le corail comme un végétal; il avait assisté à la pêche et commencé par nier un fait longtemps admis et consigné dans les vers d'Ovide, celui de la mollesse du corail sous l'eau; puis il prétendit que ce corps était formé par la concrétion du lait dont il avait constaté la présence et qu'il appelait le *levain*, et l'on trouve de lui le passage suivant dans une de ses lettres au médecin Guisony d'Avignon :

« Une chose qui fortifie les conjectures que j'ay, qu'il ne peut estre » mis au rang des plantes, est que l'on ne trouve aucune semance » dans le corail qui puisse servir à la production, ny de vaisseaux qui » le puissent contenir; car, quoy que veuillent dire des apoticaires de » Marseille de leurs fleurs de corail, ce ne sont, selon ma pensée et mon » observation, que les extrémités de cette pierre qui sont arrondies et » percées de plusieurs pores étoilez. Il n'y a dans le corail ny fleurs, ny » feuilles, ny chair, ny graine, ny racine; et, cela posé, je crois qu'il » est très-éloigné du genre des plantes. »

Le célèbre Swammerdam lui-même, malgré la finesse de ses observations et ses nombreuses études sur la structure intime du corail, n'échappe pas aux plus grossières erreurs; pour lui, les spicules qu'il a, du reste, fort bien décrits, sont dus à une précipitation de particules salines qui se produit lorsque le lait tombe dans la mer, et il compare cette précipitation à celle que détermine un métal plongé dans un sel d'argent et que l'on appelle *arbre de Diane*. Cette hypothèse et d'autres tout aussi erronées ne l'empêchent pas de donner une description très-exacte des diverses parties du zoanthodème et de la coupe du polypier en particulier.

Réaumur voulut étudier le corail vivant : c'était là une très-heureuse idée, mais qu'il ne put mettre à exécution malgré tous ses soins; il chargea des piétons de lui en apporter; les piétons arrivèrent à Paris exténués et le corail mort et pourri; au fond des vases, il trouva un sédiment qu'il regarda comme élément de la formation du corail.

« L'existence d'un sable tel que du corail réduit en poudre étant dé- » montrée dans l'écorce du corail, la formation du corail n'est pas plus » difficile à expliquer que celle des pierres les plus communes. Des » grains d'un sable grossier réunis forment des grès; des grains d'un » sable rouge, incomparablement plus déliés, forment des pierres rouges » sans grains sensibles. L'eau qui passe au travers des voûtes souter- » raines, quand elle est chargée d'un sable prodigieusement fin, qu'elle » dépose au haut de ces voûtes, y produit des pierres cristallines. Que » le suc qui circule dans notre écorce charrie du sable jusqu'à la sur- » face intérieure de cette écorce, qu'il l'y dépose, parce qu'il n'est » plus aisé à cette liqueur de ramasser le sable ou une partie du sable, » ces grains déposés sur le corail déjà fait, et réunis les uns aux autres, » les revêtiront d'une couche nouvelle....., et sa première formation » aura été semblable à un de ces degrés d'accroissement. »

(1) Voy. les nos 6, 9, 15, 21, 23, 25, 27, 28 et 29.

Digitized by Google

On a vu, par un passage d'une lettre de Boccone à Guisony, que des apothicaires de Marseille avaient observé les fleurs du corail, dès ou avant 1674; mais ce n'est qu'en 1706 que l'existence de ces fleurs fut positivement établie et publiée; c'est le comte de Marsigli qui les aperçut et qui écrivit à l'abbé Bignon, président de l'Académie des sciences :

« Les branches de cette plante étant tirées de la mer et posées dans » des vases où il y avait assez d'eau pour les couvrir, au bout de quel- » ques heures on voit, de chaque tubule, sortir une fleur blanche ayant » son pédicule et huit feuilles, le tout ensemble étant de la grandeur et » figure d'un clou de girofle..... Dans le même instant, toutes les fleurs » se retirent dans les tubules que chacun d'eux a en la partie supérieure » et qui est l'endroit d'où elles sont sorties. Souvent ces tubules restent » comme les boutons des fleurs, et si alors on les regarde promptement » avec un verre, on s'aperçoit de la division de l'écorce en autant de » parties que la fleur a de feuilles. »

Marsigli avait fait part de tout ce qu'il avait vu à un jeune médecin marseillais, son élève, Peyssonnel. Celui-ci augmenta le nombre des observations de son maître, et, sur la recommandation de l'abbé Bignon, fut envoyé en mission par le roi pour aller explorer les côtes de Barbarie, en faire connaître les produits naturels, et en particulier assister à la pêche du corail et l'étudier. Pendant cette mission les idées de Peyssonnel changèrent complétement; là où tout le monde voyait une plante, il vit un animal, et il écrivit bientôt les lignes suivantes que l'on trouve dans son *Traité sur le corail*, dont le manuscrit est conservé à la bibliothèque du Muséum d'histoire naturelle :

« Je fis fleurir le corail, dans des vases pleins d'eau de mer, et » j'observai que ce que nous croyons être la fleur de cette prétendue » plante n'était au vrai qu'un insecte semblable à une petite ortie ou » poulpe..... J'avais le plaisir de voir remuer les pattes ou pieds de » cette ortie, et ayant mis le vase plein d'eau où était le corail à une » douce chaleur auprès du feu, tous les petits insectes s'épanouirent...; » l'ortie sortie étend les pieds et forme ce que M. de Marsigli et moi » avions pris pour les pétales de la fleur. Le calice de cette prétendue » fleur est le corps même de l'animal avancé et sorti hors de sa cel- » lule. »

Quoi de plus précis? et avec quelle exactitude ce naturaliste éminent, quoique peu connu, caractérisa ce lait du corail sur lequel on avait jusque-là raconté tant de fables :

« Le lait du corail est le sang ou le suc naturel de tous les insectes » placés le long du corail; ils n'ont pas le sang rouge, mais blanc, de » même que tous les autres poissons de même nature. »

A ces résultats si étonnants, à ces assertions si positives de Peyssonnel, le monde savant ne répondit que par l'incrédulité. Réaumur, qui parla à l'Académie de cette prétendue découverte, alla jusqu'à taire le nom de celui qui l'avait faite; il est probable qu'au fond il la considérait comme très-belle, et peut-être y eut-il là un peu de jalousie de sa part. Voici, du reste, ce qu'il écrivit à Peyssonnel :

« Je pense, comme vous, que personne ne s'est avisé jusqu'à présent » de regarder le corail et les lithophytons comme l'ouvrage d'insectes; » on ne peut disputer à cette idée la nouveauté et la singularité. Les » lithophytons et les coraux ne me paraîtront jamais pouvoir être con- » struits par des orties ou poulpes, de quelque façon que vous vous y » preniez pour les faire travailler. »

Rien ne put le convaincre.

« L'auteur a vu, dit-il dans l'un de ses mémoires, leurs jambes (des » madrépores) agitées dans l'eau; il a vu s'élever du centre quelque » chose jusqu'au-dessus de la circonférence; il a vu cette partie se » dilater comme la prunelle. Dans tout cela on ne trouvera peut-être » encore rien d'assez décisif; un corps délié ne saurait être dans l'eau » sans faire voir des mouvements tels que l'auteur les a vus. »

Mais ces fleurs, dit Peyssonnel, ne paraissent que dans l'eau. Réaumur répond à cela :

» N'avons-nous pas des fleurs qui s'épanouissent le jour et se ferment » la nuit; d'autres qui s'ouvrent le matin et s'épanouissent le soir? »

Et plus loin :

« Enfin, y eût-il des animaux logés dans l'écorce du corail et dans » celle des autres plantes marines, que serait-on en droit d'en conclure? » Rien de plus que ce qu'on conclut de la présence de quelques es- » pèces de vers, décrits par M. de Marsigli, qui rongent la substance » du corail. »

Ces quelques citations sont bien de nature à montrer avec quelle sorte d'acharnement les maîtres de la science niaient un fait qu'ils paraissaient regarder comme impossible. Bernard de Jussieu lui-même écrivait avec ironie au savant naturaliste :

« Je ne sais si vos raisons seront assez fortes pour nous faire aban- » donner le préjugé où nous sommes touchant ces plantes. »

Peyssonnel fut écrasé, mais non convaincu; peut-être fut-il seulement un peu découragé par tant de résistance, et il n'insista pas. Cependant, lorsqu'en 1740 Trembley eut fait connaître ses célèbres expériences sur l'hydre d'eau douce, les idées se modifièrent à l'Académie des sciences; Réaumur se mit à étudier les polypes à panache d'eau douce; B. de Jussieu fit à deux reprises des voyages sur les côtes de Normandie, et Guettard se rendit aussi sur les côtes de la Méditerranée et dans le Poitou.

Les études de certains savants furent décisives et firent disparaître tous les doutes; justice fut rendue à Peyssonnel. B. de Jussieu publia, en 1742, un mémoire sur des animaux analogues au corail, et Réaumur reconnut aussi son erreur; c'est alors que le nom de *polype* fut créé et appliqué à ces animaux singuliers dont l'existence était certaine, et que celui de *polypier* fut donné à la partie solide qu'ils produisent.

Quant à Peyssonnel, dont le nom restera toujours attaché à une grande découverte zoologique, il n'eut guère d'autre défenseur puissant que Buffon. Blessé de l'accueil fait à ses travaux, il cessa pour jamais ses communications à l'Académie et s'exila volontairement de son pays en acceptant la place de médecin royal à la Guadeloupe; il offrit cependant à l'Académie de Marseille, sa ville natale, une dotation à perpétuité destinée à donner un prix chaque année à celui qui aurait fait la découverte la plus considérable en ce qui regarde l'histoire de la mer; ce prix devait être un poisson d'argent de la valeur de deux cents livres tournois. L'Académie marseillaise qui ne s'occupait que de belles-lettres, et qui se sentait incapable de juger avec quelque compétence des travaux d'histoire naturelle, refusa l'offre de Peyssonnel. Depuis

Digitized by Google

ce moment on n'entendit plus parler de lui, et il mourut à l'étranger, à une date douteuse, après avoir communiqué tous ses derniers travaux à la Société royale de Londres.

Ainsi ce fut l'Angleterre qui eut l'honneur de publier ses découvertes, et les travaux de Peyssonnel parurent dans les *Transactions philosophiques* de 1756 à 1759. Ces travaux eurent un résultat immense, puisqu'ils firent passer tout un groupe d'êtres d'un règne dans un autre.

Il est cependant curieux de remarquer que, même après les publications de Peyssonnel, après les mémoires de Réaumur et de Jussieu, les opinions les plus bizarres ont encore été énoncées sur la nature et le développement du corail; il suffira pour le montrer de citer quelques passages de l'abbé Poiret, empruntés à la relation (1789) du voyage qu'il fit en Barbarie. Voici ce qu'il dit à propos du lait :

« Cette liqueur est probablement un composé de jeunes polypes ou » d'œufs de polypes..... Ces œufs s'attachent aux corps étrangers qu'ils » rencontrent et y forment une nouvelle génération, ou bien ils restent » fixés sur la branche paternelle y vivant et y mourant après avoir pro- » duit des milliers d'autres polypes qui, à leur tour, se multiplient, se » dessèchent et forment, avec le temps, ces branches magnifiques, » l'ornement des cabinets, et si longtemps l'écueil des conjectures.... » — Le polype meurt; mais en mourant il n'est pas soumis à une » dissolution qui en fait un objet de corruption. Sa mort est une espèce » d'ossification....; les branches sont des polypes durcis et ossifiés.... » Une branche de corail n'est donc plus une pierre, ce n'est plus une » plante, ce n'est pas non plus un animal : c'est la métamorphose d'un » millier de polypes. C'est un très-bel arbre généalogique où le polype » aïeul est recouvert par la nombreuse postérité de ses enfants, où » le père devient le tombeau du fils, et où tous ensemble ne perdent » l'existence que pour retrouver sous une forme nouvelle, et dans ces » générations confondues et réunies, un état plus durable, plus brillant, » acquérant avec la vieillesse et se fortifiant avec les années. »

Ce sont là de belles phrases qui ne représentent en rien les résultats d'une observation rigoureuse, et qui ne peuvent servir qu'à montrer combien jusqu'à ces derniers temps il a été imprimé d'erreurs sur cette belle production de la mer. Et si aujourd'hui de nombreux travaux sur la manière dont se développe le corail et dont il se produit ont fixé l'opinion du monde savant, tous les préjugés sont encore loin d'avoir disparu dans le public.

## VARIÉTÉS.

### Sur l'origine et le mode de formation des monstres omphalosites, par M. CAMILLE DARESTE.

« L'illustre auteur du *Traité de tératologie* a réuni sous le nom de *monstres omphalosites* les trois familles des *monstres paracéphaliens, acéphaliens* et *anadiens*. Ces monstres sont très-différents les uns des autres par la complication de leur organisation qui est encore très-complexes chez les Paracéphaliens, tandis que chez les Anadiens elle présente au contraire une extrême simplicité. Toutefois ils présentent, comme Is. Geoffroy Saint-Hilaire l'a fait remarquer, un ensemble de traits communs. Ils sont privés de cœur; ils naissent jumeaux, et sont attachés à un placenta qui leur est commun avec leur frère bien conformé; enfin ils ne se rencontrent que dans la classe des Mammifères.

» Depuis la publication du *Traité de tératologie*, la division des monstres omphalosites s'est accrue de deux genres.

» J'avais cru pendant longtemps qu'en partant de ces trois faits on pourrait trouver l'explication de l'origine et du mode de formation des monstres omphalosites. Or, mes études sur l'embryogénie tératologique m'ont prouvé tout récemment que ces sortes de monstres peuvent se produire aussi chez les Oiseaux, et que leur origine n'est pas nécessairement liée au fait de la gémelliparité.

» J'ai constaté, en effet, en étudiant un très-grand nombre d'embryons qui avaient péri dans les premiers jours, et même aussi dans les premières heures de leur développement, des anomalies multiples dans lesquelles j'ai reconnu des cas de paracéphalies, d'acéphalies et d'anidies en voie de formation. Toutes ces anomalies quelque diverses qu'elles fussent, présentaient cependant comme caractère commun l'absence, tantôt complète et tantôt seulement partielle, de la gouttière primitive, ou, en d'autres termes, des parties qui doivent former la colonne vertébrale et le crâne.

» C'est surtout en étudiant ces sortes de faits que j'ai pu me convaincre du défaut de solidarité des différentes parties de l'organisme dans les premiers temps de son existence, fait très-important que je signalais dans une communication précédente. On voit, en effet, que les arrêts de développement qui portent sur une région du corps n'entraînent pas nécessairement d'autres arrêts de développement pour d'autres régions. Il semble qu'alors chacune des parties de l'organisme existe pour son propre compte, et qu'elle puisse se développer isolément et d'une manière indépendante, comme les différentes parties de l'organisme des végétaux.

» Je n'ai pas eu occasion d'observer de semblables faits chez les Mammifères. Toutefois, je suppose que les œufs sans embryon, qu ont ét souvent signalés dans les fausses couches, contenaient de ces embryons inparfaits qui avaient péri dans les premiers jours de leur développement. La cause de cette mort précoce est bien évidente. C'est l'absence du cœur, qui manque par suite de l'absence de la tête, ou au moins de son état très-imparfait, car le cœur n'est, à son début, qu'une dépendance de la tête. Or, l'absence du cœur entraîne l'absence de la circulation, et les blastèmes organiques, privés de sang, ne peuvent former les éléments histologiques définitifs qui doivent leur donner le pouvoir d'accomplir leurs fonctions physiologiques.

» C'est en partant de cette donnée qui résulte pour moi d'un très-grand nombre d'observations, que je me rends compte du rôle physiologique d'un frère jumeau dans le développement des Omphalosites qui arrivent jusqu'à la naissance, et qui n'ont encore été signalés que chez les Mammifères.

» Lorsque deux jumeaux naissent sur un seul œuf, les ailes vasculaires se soudent et produisent un nombre plus ou moins grand d'anastomoses qui unissent entre eux les deux appareils circulatoires. Plus tard de semblables anastomoses se produisent dans l'intérieur du placenta commun aux deux jumeaux.

» S'il arrive alors qu'un des frères n'ait pas de cœur, le cœur du frère bien conformé servira d'organe de propulsion pour le sang qui pénètre dans l'organisme du frère mal conformé. Seulement on observe alors ce singulier renversement de l'appareil circulatoire que beaucoup d'anatomistes ont décrit chez les monstres omphalosites, et qui consiste en ce que les veines jouent le rôle d'artères, et que les artères jouent le rôle de veines.

» La circulation du jumeau mal conformé s'accomplit alors sous l'influence exclusive du cœur du jumeau bien conformé. Et l'on s'explique alors comment le jumeau mal conformé, quelque imparfaite que soit d'ailleurs son organisation, peut compléter la formation des organes qu'il possède et arriver jusqu'à la naissance en continuant à s'accroître. La mort n'arrive, dans ce cas, qu'au moment de la naissance, parce que le jumeau mal conformé se sépare alors du jumeau bien conformé, auquel il n'adhérait que par l'intermédiaire du cordon ombilical et du placenta. Chez les Oiseaux, et d'une manière plus générale que chez tous les Vertébrés, qui ne se détachent point, à la naissance, de leur vésicule ombilicale, la formation sur un même œuf de deux jumeaux, dont l'un est bien conformé et l'autre est un Omphalosite, est possible. J'ai eu occasion de la constater. Cet Omphalosite peut alors vivre aux dépens de son frère bien conformé jusqu'à l'époque de l'éclosion. Tout se passe alors comme chez les Mammifères.

» Mais comme les Oiseaux ne se séparent point de leur vésicule ombilicale, le monstre omphalosite ne peut se séparer du jumeau bien conformé, il est entraîné avec le vitellus lorsque celui effectue sa pénétration dans la cavité abdominale de son frère. C'est ainsi que s'expliquent les cas de pygomélie très-fréquents chez les Oiseaux, dans lesquels les membres accessoires sont seulement implantés dans le tissu cellulaire graisseux abdominal du sujet autosite, et ne sont point soudés par leur squelette avec le squelette de ce sujet. Ces faits que Is. Geoffroy Saint-Hilaire avait rattachés à la classe des monstres doubles, sont bien évidemment de la même nature que les monstres omphalosites. La seule différence consiste en ce que chez les Mammifères l'Omphalosite se détache complétement, au moment de la naissance, de son frère jumeau, tandis que chez les Oiseaux l'Omphalosite ne peut s'en séparer (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*).

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 34. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 22 JUILLET 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

Paraît tous les Samedis.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1[illegible] | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

FACULTÉ DE MÉDECINE. — **Conférences historiques.** — **M. Follin** : Guy de Chauliac.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : Des réactions endothermiques ou exothermiques.

---

Paris, 21 juillet 1865.

La dernière séance de l'Académie des sciences a été en grande partie occupée par deux longues communications. Dans la première, M. Chevreul a expliqué un tableau dressé par lui pour représenter la classification des diverses sciences, et les rapports que ces sciences entretiennent entre elles. Dans la seconde, M. Le Verrier a exposé l'organisation du service météorologique international pour la prévision des tempêtes, qu'il a surtout contribué à établir, et dont le centre est à l'Observatoire de Paris.

M. Chevreul présente une note d'un ingénieur suédois, qui propose d'employer un composé d'acide azotique et de glycérine, la nitroglycérine, au lieu de la poudre de mine ordinaire, pour faire sauter les rochers. M. Pelouze fait remarquer, à cette occasion, que la nitroglycérine a été découverte dans son laboratoire par M. Sobrero, frère du général italien de ce nom, qui en a décrit la préparation et les propriétés toxiques et fulminantes.

Enfin, M. H. Sainte-Claire Deville présente une note de M. Troost, qui est parvenu à obtenir le zirconium à l'état métallique, en faisant passer du fluorure de zirconium sur de l'aluminium : il se forme du fluorure d'aluminium volatil, et le zirconium cristallise en prismes obliques symétriques. M. Deville ajoute que cet important travail doit d'autant plus intéresser l'Académie, qu'il a été fait au moyen des minerais de zirconium achetés par lui, il y a dix ans, avec les fonds que lui avait donnés l'Académie.

E. A.

---

### FACULTÉ DE MÉDECINE.

### CONFÉRENCES HISTORIQUES.

M. FOLLIN.

**Guy de Chauliac.**

J'ai choisi pour sujet de cette conférence un chirurgien du XIVe siècle, à qui revient l'honneur d'être le premier écrivain classique de la chirurgie française, et dont le livre, plus ou moins modifié, a eu ce rare privilége, abrogé je crois depuis lors, de rester pendant près de quatre siècles dans l'enseignement de nos écoles.

Guy de Chauliac écrivait en 1363 l'ouvrage qui est son principal titre de gloire, et au milieu du XVIIIe siècle, Laurent Verduc publiait encore, à l'usage des jeunes aspirants en chirurgie, un abrégé de ce livre remarquable.

Ces *guidons* (car c'est ainsi que par un mauvais jeu de mots on appelait alors ces abrégés-là) furent dans les mains des étudiants jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, et il a presque fallu la révolution française pour faire disparaître, avec beaucoup d'autres autorités du moyen âge, l'autorité déjà bien affaiblie de maître Guy de Chauliac.

Nous avons peu de renseignements sur la vie du grand chirurgien dont je dois vous parler aujourd'hui. Cela tient sans doute au faible développement de la culture littéraire à cette époque. La *Légende dorée* inscrivait bien



Digitized by Google

la vie de quelques saints obscurs, mais qui aurait songé à écrire celle d'un pauvre chirurgien? Tout ce que nous connaissons de lui, c'est par lui que nous l'avons appris; toutefois, en lisant avec attention sa *Grande chirurgie*, nous savons à peu près où il a étudié la médecine, quels ont été ses maîtres, dans quelles villes il a exercé sa profession, quelle était sa pratique, quels étaient ses préjugés et ses qualités professionnelles; enfin, hormis quelques dates, nous possédons presque tout ce qui permet de juger la carrière scientifique d'un homme.

Guy, c'était un nom assez commun à cette époque, est né dans les montagnes du Gévaudan, au petit village de Chauliac, du diocèse de Mende. Son origine est très-obscure. On a supposé qu'il pouvait bien provenir d'une famille de proscrits de la fin du XIII^e siècle, et voilà ce qui a donné lieu à cette assertion assez peu solidement établie : Montpellier appartenait alors aux rois d'Aragon, et l'un de ces rois, Pierre II, exila un jour à perpétuité, en confisquant tous leurs biens et leurs droits, un bon nombre de bourgeois de Montpellier, parmi lesquels se trouvait un *magister Guido*, dont on a fait l'ancêtre de Guy de Chauliac. Mais tout cela n'est qu'une hypothèse et n'a rien de sérieusement démontré.

Notre chirurgien fit ses humanités dans le collége de la cathédrale de Mende, qui jouissait alors, parmi les écoles ecclésiastiques du royaume, d'une certaine célébrité. Peyrilhe assure, mais je ne sais d'après quel document, qu'il était déjà clerc et avait au moins vingt-cinq ans en 1325. Quoi qu'il en soit, on peut, sans trop se tromper, rapporter aux dernières années du XIII^e siècle la naissance de Guy de Chauliac.

Il paraît avoir commencé ses études médicales à Toulouse, mais il vint bientôt à Montpellier qu'il appelle en maint passage de son livre « notre commusne escole de Montpellier ». Le plus célèbre de ses maîtres y fut Raymond de Molieres que nous trouvons plus tard, en 1338, chancelier de l'université.

Guy de Chauliac a toujours gardé un bon souvenir de cette école de Montpellier. C'était alors un centre brillant d'études médicales; les manuscrits grecs et arabes abondaient dans la bibliothèque de la Faculté, et le jeune étudiant du XIV^e siècle, profitant de ces précieux documents, sut les utiliser pour ces travaux d'érudition qui devaient un jour se condenser si bien dans son livre. Mais l'enseignement oral de la chirurgie n'y était pas très-florissant, car en cherchant bien parmi les professeurs, on ne trouvait guère à citer qu'un fils de Lanfranc, chirurgien assez obscur, du nom de Bonnet. Cette différence entre le nom du père et celui du fils doit vous étonner, mais elle s'explique facilement. Lanfranc était clerc et voué au célibat; malgré cela il eut, vous le devinez, quelques faiblesses, et son fils ne porta pas son nom; c'était, du reste, chose assez commune alors chez les clercs, et en Italie une loi avait même réglé la position civile des enfants naturels nés dans ces conditions.

Il y avait d'autres attraits que des manuscrits dans cette école du XIV^e siècle; les étudiants, organisés en corporations, comme dans certaines universités allemandes de nos jours, se livraient à beaucoup de joyeusetés, et avaient même élu pour présider à leurs fêtes un *roi des étudiants*. Mais sous sa royauté, les banquets assaisonnés de discours, de comédies et de drames se succédaient si rapidement qu'on fut obligé de supprimer ce pouvoir trop joyeux. Malgré tout ce qui pouvait le retenir à Montpellier, Guy de Chauliac s'aperçut de l'insuffisance de l'enseignement chirurgical et se décida à aller étudier l'anatomie et la chirurgie dans la plus célèbre des écoles italiennes de ce temps-là, à Bologne.

Dès le XIII^e siècle, les étudiants en médecine et en droit avaient pris l'habitude de quitter leur pays pour se rendre aux écoles italiennes si florissantes alors de Bologne, de Padoue et de Florence. Au XIV^e siècle, malgré les troubles politiques qui avaient considérablement nui à ces écoles célèbres, cet usage des voyages avait persisté, et au XVI^e siècle il s'était encore conservé, car Rabelais nous apprend que « les jeunes gens studieux » et amateurs de pérégrinités étaient toujours, à son » époque, convoiteux de visiter les gens doctes, anti» quités et singularités d'Italie ». Les étudiants, en général peu riches, mais ardents au travail et désireux de s'instruire, ne craignaient pas d'entreprendre de longs et pénibles voyages pour recueillir la science de la bouche de maîtres célèbres; ils allaient au-devant de l'enseignement oral avec le même empressement que vous mettez aujourd'hui à chercher l'enseignement écrit dans les livres de vos maîtres.

Guy de Chauliac partit donc pour Boulogne et y reçut un enseignement anatomique qui ne devait être développé que longtemps après à Montpellier, et un enseignement chirurgical tout empreint encore de l'esprit des arabistes, de Roland, de Brunus, de Théodoric, de Guillaume de Salicet et de Lanfranc. L'école chirurgicale de Bologne était très-célèbre depuis le XIII^e siècle. La médecine était aussi en grand honneur dans cette ville, car les Bolonais avaient exempté de tout impôt un de leurs professeurs, Thaddæus de Bologne, dont les écrits et les commentaires oraux avaient facilité la lecture d'Hippocrate.

Tandis qu'à Montpellier l'enseignement anatomique était presque tout entier dans les livres, qu'à Paris le chirurgien Henri de Mondeville ajoutait seulement à ses descriptions anatomiques, d'ailleurs assez naïves, quelques figures fort incomplètes, à Bologne on disséquait des cadavres humains pour des leçons publiques d'anatomie. C'est en 1315 que Mondini de Luzzi, professeur à Bologne, commença à disséquer publiquement, pour la première fois, deux cadavres de femme, et son livre est un manuel anatomique qui a duré dans les écoles jusqu'à la fin du XVI^e siècle. L'exemple donné par l'université de Bologne fut bientôt suivi par les autres univer-

Digitized by Google

sités, et chaque année on se mit à disséquer et à décrire, d'après Mondini, un ou deux cadavres humains. Guy de Chauliac eut pour maître en anatomie à Bologne Nicolas Bertrucci, et il nous indique même quel était l'ordre des leçons suivi par le professeur. « Ayant situé le corps mort sur un banc, il en faisait quatre leçons : en la première était traité des membres nutritifs, parce que plus tôt ils se pourrissent; en la seconde, des membres spirituels; en la troisième, des membres animaux; en la quatrième, on traitait des extrémités. »

En quatre leçons toute l'anatomie ! Que diriez-vous, messieurs, si vous en étiez réduits là? Cependant un jour viendra peut-être où vous serez obligés d'étudier toute votre anatomie sur un ou deux cadavres, si des obstacles, nés le plus souvent de l'esprit du moyen âge, viennent, comme nous le voyons aujourd'hui, diminuer de jour en jour le nombre des sujets consacrés à vos études anatomiques.

Mais on ne se bornait point à disséquer des cadavres frais, et Guy de Chauliac nous apprend qu'on faisait aussi «l'anatomie des corps desséchés au soleil, ou consumés en terre, ou fondus en eau courante ou bouillante»; enfin, qu'on étudiait aussi l'anatomie sur les singes et les pourceaux.

On disséquait à Bologne, malgré les décrets des papes contre les dissections, et en particulier malgré l'anathème dont Boniface VIII avait menacé quiconque mutilerait des cadavres humains sous prétexte de les embaumer. Mais on a toujours remarqué, messieurs, que les prescriptions des papes étaient moins suivies au voisinage de la papauté que dans des contrées plus éloignées d'elle. On n'est point prophète dans son pays, et ce qui se passait à cette époque à Bologne en est une excellente preuve. On continua donc à y disséquer, sans tenir compte des anathèmes de Boniface VIII, tandis qu'à Montpellier il fallut qu'un édit de Charles VI (1470) autorisât les dissections.

Guy de Chauliac ne recueillit pas seulement en Italie des connaissances anatomiques précieuses pour son époque, il reçut aussi à l'école de Bologne l'écho d'un enseignement chirurgical illustré au siècle précédent par des hommes dont l'influence a été des plus favorables à la renaissance de la chirurgie en Europe. Il avait étudié les anciens, grecs et arabes, à Montpellier, il était donc bien préparé à recevoir l'enseignement de ceux qu'on appelait alors les modernes.

Mon excellent ami, M. Verneuil, dans le coup d'œil rapide qu'il a jeté sur le mouvement de la chirurgie en Europe, du XII^e au XVIII^e siècle, vous a déjà signalé l'état florissant des écoles italiennes au commencement du XIII^e siècle; je dois vous en dire aussi quelques mots, car nous trouvons là les précurseurs de Guy de Chauliac.

L'école de Salerne jeta la première un vif éclat. Bologne vint ensuite, et c'est dans l'université de cette ville que la chirurgie brillait surtout dans les années qui ont précédé l'arrivée de Guy de Chauliac en Italie.

L'école de Bologne recueillit d'abord deux Salernitains. Le premier fut Roger de Parme, élevé à l'école de Salerne, écrivain peu original, mais qui sut résumer avec précision les leçons d'un maître qui nous est resté inconnu. Sans citer aucun auteur, Roger a fourni à l'Italie un livre qui a fait loi pendant longtemps. Vint ensuite un autre Salernitain, maître Roland, qui professa à Bologne et y publia, en 1264, cent ans avant le livre de Guy de Chauliac, une chirurgie qui n'est que la copie du livre de Roger, mais auquel il ajouta quelques notes et des citations empruntées aux *Aphorismes* d'Hippocrate, aux livres de Galien à Glaucon, et enfin aux traités d'Avicenne.

Mais les véritables chirurgiens de l'école de Bologne au XIII^e siècle sont Hughes de Lucques, Brunus et Guillaume de Salicet. Hughes de Lucques était praticien plutôt qu'écrivain; mais sa pratique nous a été rapportée par Théodoric, dont l'érudition était grande. Brunus fut homme d'étude plutôt que praticien, et, au moment où il achevait, en 1252, sa *Grande chirurgie*, il connaissait déjà les aphorismes d'Hippocrate, Constantin l'Africain, Galien et tous les auteurs arabes apportés alors en Italie, comme Almansor, Avicenne, Ali-Abbas et Albucasis.

Le plus célèbre de tous les chirurgiens italiens du XIII^e siècle, c'est assurément Guillaume de Salicet, qui, dans sa vieillesse, en 1275, écrivit sa *Chirurgie* et professa pendant quatre ans à Bologne. C'était un médecin lettré qui pratiquait la chirurgie. Il ne cite guère que Galien et les Arabes, mais il se plaît à parler souvent d'après son expérience personnelle, qui était grande, car il avait suivi les armées et pratiqué dans plusieurs villes d'Italie où on l'appelait pour des cas graves.

Au moment où Guy de Chauliac arriva à Bologne, l'université était malheureusement agitée par les troubles politiques qui désolaient alors l'Italie, mais il y trouva encore un enseignement puisé dans les écrits des chirurgiens célèbres dont je viens de parler et qui étaient morts depuis peu d'années seulement. Son maître en chirurgie paraît avoir été un certain Albert de Bologne. Il nous est peu connu scientifiquement, mais nous savons qu'il jouissait dans la ville d'une grande réputation. Boccace le fait même figurer dans une des nouvelles de son Décaméron; mais c'est pour prouver sans doute que, si à l'âge avancé où il était arrivé, on peut encore commenter utilement les aphorismes d'Hippocrate, on se mêle avec moins de succès aux propos joyeux d'une assemblée de femmes galantes.

Bologne était aussi, au moment où Guy de Chauliac y vint, le centre d'un grand mouvement de pratique médicale et chirurgicale. Il y avait des chirurgiens opérateurs, comme Péregrin et Mercadant; on y voyait une nuée de spécialistes pour les yeux, les oreilles, les plaies etc.; il y avait aussi des médecins dont la réputation s'étendait au

Digitized by Google

loin, comme ce Tossignano qui fut appelé près de Henri de Castille qu'il guérit, et qui le renvoya à Bologne *magno donatum auri pondere*, dit la légende. Le fait est assez rare ; mais il faut croire que la légende n'a pas menti.

Nous aurons l'occasion de voir plus tard quelles connaissances étendues Guy de Chauliac rapporta de son voyage à Bologne. Il cite très-souvent les chirurgiens italiens, il en cite même un certain nombre qui ne nous sont plus connus aujourd'hui. Mais suivons-le encore dans sa vie errante d'étudiant : il quitte Bologne et vient à Paris.

Les hommes les plus instruits de l'époque auraient cru qu'il manquait quelque chose à leur éducation s'ils ne se fussent mêlés à la foule des étudiants de Paris, si nombreux, dit-on, que dans une procession de l'université, le recteur, marchant en tête, entrait dans la basilique de Saint-Denis lorsque la fin de la procession était encore aux Mathurins.

C'est un remarquable spectacle de voir au milieu du XIVe siècle, cette multitude d'étudiants, qui viennent à travers la guerre, la peste et tous les fléaux, chercher la science dans cette grande université de Paris; ils viennent de tous les pays, et, se retrouvant plus tard sur les champs de bataille, souvent dans des rangs ennemis, ils se reconnaissent à ces mots : *Nos fuimus simul in Garlandia* (Nous étudiions ensemble dans la rue Galande).

Nous savons que Guy de Chauliac vint à Paris, car il nous a raconté qu'il y fut, malgré lui, opéré d'un cor au pied par un cordonnier, qui suivait en cela un procédé d'Henri de Mondeville, procédé très-douloureux et dont on doit sûrement garder le souvenir, car après avoir excisé le cor, on laissait tomber à sa surface une goutte de soufre bouillant, à travers un trou fait à une plaque de cuivre qui servait à limiter l'écoulement du caustique.

Mais si nous savons que Guy de Chauliac vint à Paris, nous ignorons tout à fait à quelle date il fit ce voyage. Au moment où il y vint, Lanfranc et Henri de Mondeville n'existaient probablement plus, et l'enseignement chirurgical, qui brillait sous Lanfranc, avait beaucoup décliné.

Lanfranc, chassé de Milan à la fin du XIIIe siècle par un Visconti qui trouvait notre chirurgien trop guelfe, c'est-à-dire trop libéral et trop national, Lanfranc vint à Paris et y fit avec éclat, vers 1295, quelques leçons; en 1296 il publia sa *Grande chirurgie*, mais il ne paraît pas avoir survécu longtemps à cette publication, car vers 1306, un autre chirurgien de Paris, Henri de Mondeville en parle comme s'il était mort. Lanfranc était un érudit qui connaissait les chirurgiens de l'antiquité, les Arabes et les chirurgiens italiens inconnus encore à l'école de Paris; son trop court enseignement en France ne put qu'être fort utile; il apportait à Paris toute la science italienne et, quoique clerc, il s'élevait énergiquement contre l'abandon des opérations par les chirurgiens lettrés qui, parce qu'ils étaient clercs, commençaient à avoir horreur du sang versé autrement que pour le triomphe de l'Église; il allait même jusqu'à dire que s'ils abandonnaient les opérations, c'est qu'ils ignoraient la manière de les faire; enfin il proclamait qu'on ne saurait être bon médecin si l'on n'a aucune idée des opérations chirurgicales, et qu'un chirurgien n'est rien quand il ignore la médecine.

La chirurgie parisienne ne fournit pas grand'chose à Guy de Chauliac, si l'on en juge par le silence qu'il garde sur elle; d'ailleurs il resta peu de temps à Paris, puis il alla exercer la chirurgie à Lyon, et revint à Montpellier où il prit, dit-on, le bonnet de docteur, et selon Astruc, y professa même. Mais nous n'avons pas de preuves directes sur ce dernier point, et nous savons qu'on ne doit pas se fier absolument à toutes les assertions d'Astruc.

Si nous ne sommes pas certains que Guy de Chauliac ait professé la chirurgie à Montpellier, nous savons qu'il y connaissait les praticiens les plus en renom, maître André, qui tentait la cure radicale des hernies par les caustiques, maître Pierre qui, par ce moyen, eut trente guérisons dont Guy de Chauliac fut témoin, puis maître Arnaud, maître Claude, etc. Il n'est pas jusqu'aux barbiers de Montpellier dont Guy de Chauliac n'ait mis à profit la pratique.

Notre chirurgien avait fini ses pérégrinités, comme disait Rabelais, au moment où montait sur le trône pontifical, à Avignon, Clément VI. Depuis le commencement du XIVe siècle, la papauté, pour des causes que vous savez aussi bien que moi, s'était établie à Avignon avec Clément V (1305) et y était devenue le centre d'un certain mouvement littéraire et le rendez-vous de quelques médecins exilés d'Italie par les discordes civiles très-fréquentes alors dans la péninsule. Guy de Chauliac fut médecin, chapelain, commensal et lecteur de la chapelle du pape Clément VI, qui prit la tiare à Avignon, en 1342.

C'est, paraît-il, chose difficile d'être et de rester médecin des papes. Au moyen âge on courait même parfois le danger d'être mis à mort, comme ce Jean d'Amont, médecin-barbier du pape Jean XXII; il fut accusé, chose grave à cette époque, d'avoir attenté à la vie du pape par ces sortiléges magiques qui consistaient en petites images de cire que le criminel perçait en certains endroits de coups d'épingle pour produire des lésions mortelles sur sa victime. Guy de Chauliac ne courut pas d'aussi grands dangers que Jean d'Amont, mais il fut en butte, comme les autres médecins de Clément VI, aux attaques violentes et réitérées d'un homme que ses habitudes galantes ne font pas tout d'abord soupçonner de sentiments de haine. Vous connaissez Pétrarque comme le chantre passionné de Laure, comme un des poëtes nationaux de l'Italie au XIVe siècle, vous le connaissez peut-être aussi comme l'érudit qui cherche avec une ardeur fébrile les vieux manuscrits et copie de sa main un manuscrit de Quintilien, mais vous le connaissez

Digitized by Google

peut-être moins comme un ennemi acharné des médecins en général et de ceux de Clément VI en particulier.

Il y eut dans l'antiquité deux hommes qui vouèrent aux médecins une haine profonde : ce furent Caton et Pline. Pline allait même jusqu'à dire que nous avions contribué à détruire la république romaine, qui, privée de médecins pendant 600 ans, n'avait jamais été si florissante.

Pétrarque tient dignement sa place à côté de Caton et de Pline; il raconte sur les médecins tous les radotages que vous entendrez encore circuler dans le monde. Il prétend, et je cite textuellement, que les médecins font des expériences sur les hommes, et qu'à force de tuer ils se perfectionnent dans l'art de guérir; que dans une consultation, le second médecin qui parle serait honteux de parler comme le premier, etc.; puis passant du général au particulier, il écrit à Clément VI, malade de quelque affection des jambes : « Qu'il serait » sur pied depuis longtemps, s'il n'avait pas autour de » lui une troupe de médecins qu'il regarde comme » la peste des gens riches. » Enfin, peu écouté d'abord par le pape, il lui fait dire, comme dernier avertissement, d'avoir soin de se rappeler l'épitaphe qu'un empereur romain, Adrien, je crois, avait fait mettre sur son tombeau : *Turba medicorum perii.*

Ces attaques violentes de Pétrarque excitèrent un peu la bile des médecins de Clément VI et l'on chercha à trouver le poëte en défaut sur quelque point. La chose n'était pas très-difficile, car Pétrarque, qui jouait un peu le rôle d'entremetteur politique entre l'Italie et la papauté, prêta plus d'une fois le flanc à la critique. On a dit qu'il suffit de deux lignes d'un homme pour le faire pendre. Ces deux lignes on les trouva dans une lettre où Pétrarque disait « qu'il serait beau, qu'il serait grand d'être assis à la fois sur le trône de César et sur le siége de saint Pierre. »

Au moment où la papauté voulait se consolider à Avignon, la phrase était au moins maladroite, et l'on reprocha vivement à Pétrarque d'avoir insinué que le saint-siége ne pouvait être ailleurs qu'à Rome. Nous n'avons point le document qui contient l'accusation portée contre Pétrarque, mais nous savons par la réponse du poëte que des médecins le rédigèrent; on a même prétendu que Guy de Chauliac était l'auteur de cet écrit, et que c'est lui que Pétrarque, dans une de ses lettres, appelle tout crûment « le vieil édenté né dans les montagnes ». Pour comprendre la possibilité de cette allusion, il faut se rappeler que Guy de Chauliac avait vu le jour dans les montagnes du Gévaudan. Mais les meilleures querelles finissent toujours par s'éteindre, et Pétrarque crut s'être suffisamment défendu en déclarant « qu'il ne croyait pas que les pronostics d'Hippocrate » pussent apprendre à ses disciples ce qui se passe dans » son âme ».

Malgré toutes les fausses accusations de Pétrarque, Guy de Chauliac ne perdit point la confiance de Clément VI, et nous le retrouvons auprès de ce pape dans cette fameuse *peste noire* de 1348 dont il nous a tracé un si simple et si sombre tableau. Après la mort de Clément VI (1352), il resta médecin d'Innocent VI (1352-1362) et vit le retour de la peste à Avignon en 1360. Enfin sous Urbain V, son ami, il mit au jour, en 1363, son livre de chirurgie qu'il a écrit, selon ses propres expressions, pour le *soulas de sa vieillesse;* il avait, dit-on, 63 ans. A partir de ce moment, nous ne savons plus rien de l'histoire de maître Guy de Chauliac et nous ignorons tout à fait la date de sa mort.

Je vous ai, messieurs, peut-être un peu longuement parlé de l'homme, mais pour vous faire bien comprendre son œuvre, j'ai tenu à vous montrer quelle avait été son éducation chirurgicale, à quelles sources il avait puisé et comment, après être devenu un érudit à Montpellier, il était allé compléter ses études à Bologne où avaient brillé au XIII^e siècle les plus illustres arabistes. On interprète d'autant mieux les doctrines d'un homme qu'on connaît plus exactement les milieux où il a successivement vécu et la manière dont les questions étaient posées à l'époque où il vivait.

Vous venez de voir l'homme, examinons maintenant son œuvre. Je dis son œuvre, car il ne nous reste guère que sa GRANDE CHIRURGIE et un formulaire que l'on connaît encore sous le nom de *Chirurgia parva Guidonis.* Il est certain toutefois qu'il a composé d'autres ouvrages dont les titres seuls nous sont connus; c'est dabord un *Traité sur l'astrologie* ou *l'astronomie*, dont il ne nous reste plus un seul manuscrit, car il ne paraît pas prouvé que le manuscrit dont Hœnel et après lui M. Malgaigne ont parlé existe encore dans la bibliothèque d'Avignon et soit l'œuvre de Guy de Chauliac. Quoi qu'il en soit, il n'y a aucune incertitude sur l'existence du livre mentionné deux fois par Guy lui-même au chapitre V de la doctrine 2 du traité II, et à la doctrine 1 du traité VII.

La publication d'un livre d'astrologie au XIV^e siècle, même par un médecin attaché à la cour des papes, n'a rien qui doive nous étonner. L'alchimie, la magie, l'astrologie, ont été les plaies les plus vives de la médecine au XIV^e siècle; les astrologues avaient place à la cour, qui, à la fin du siècle, vers 1365, faisait venir de Bologne le père de la fameuse Christine de Pisan, Thomas de Pisan, pour composer des prophéties astrologiques à Charles V, et des philtres d'une autre espèce au duc de Bourgogne.

Mais le métier d'astrologue officiel n'était pas toujours sans danger. Un médecin d'un des papes avignonnais, de Jean XXII, en fit la triste expérience. On rapporte que Marie de Valois, duchesse de Calabre, obligea ce médecin, qui était Cecco d'Ascoli, à faire son horoscope et, chose plus dangereuse, celui de sa fille, la trop fameuse Jeanne de Naples; il prédit que l'une et l'autre se livreraient à la débauche, et cette prédiction assez réussie lui valut, avec quelques autres peccadilles et quelques dénonciations de ses confrères,

Digitized by Google

d'être déféré à l'inquisition et brûlé à Florence en 1327. Il faut reconnaître, messieurs, que ce médecin était un excellent astrologue, mais un bien mauvais courtisan.

L'astrologie se montre à peine dans le livre de chirurgie de Guy de Chauliac. A propos de la fameuse peste de 1348, qui enleva tant de monde en Europe, et à Avignon en particulier, il affirme seulement que « l'universelle » agente de cette peste fut la disposition de certaine con- » jonction des plus grands des trois corps supérieurs, Sa- » turne, Jupiter et Mars, laquelle avait précédé, l'an 1345, » le vingt-quatrième jour du mois de mars, au 14e degré » du Verseau. Car les plus grandes conjonctions signi- » fient choses merveilleuses, fortes et terribles, comme » changements de règnes, avénement de prophètes et » grandes mortalités. » Avouons, messieurs, que cette explication, très-innocente de la peste, était bien préférable à celle qui conduisait à brûler les juifs accusés d'avoir empoisonné les fontaines.

Guy de Chauliac écrivit un *Traité sur la cataracte* pour le roi Jean de Bohême; mais malgré cette consultation qui ne nous a pas été conservée, le roi ne recouvra point la vue, car c'est lui qui, à Crécy, tout aveugle qu'il était, fit lier son cheval à ceux de ses serviteurs pour se lancer dans la mêlée contre les bataillons anglais : « Il voulait, dit Froissart, être mené si avant qu'il pût frapper un coup d'épée.» On retrouva le lendemain son corps sur le champ de bataille.

Nous savons, et cela par Guy de Chauliac lui-même (Traité VI, doct. II, chapitre VII), qu'il a fait un *Traité sur la rompure* (la hernie), mais ce livre est encore perdu.

On lui attribue, d'après Josiam Simler, un *Lapidarius de conjunctione animalium ad se invicem; de conjunctione herbarum ad se invicem; de physiognomia*, et des *Consilia medica*. Mais tout cela est fort hypothétique et ne repose que sur des manuscrits d'une authenticité douteuse.

Il y a de Guy de Chauliac un *Formularium* que l'on connaît encore sous le nom de *Chirurgia parva Guidonis*, et qui se voit à la fin de quelques éditions latines de la *Grande chirurgie*, et en particulier à la fin de l'édition publiée à Venise par les Juntes, en 1546. C'est un assemblage de recettes sans importance sur la cure des blessures et des ulcères, et il se pourrait bien qu'elles eussent été rédigées dans la jeunesse de l'auteur avant son principal ouvrage.

Mais c'est dans ce dernier livre, qui fut d'abord intitulé *Inventarium, sive collectorium artis chirurgicalis medicinæ*, qu'est son plus grand titre de gloire. Plusieurs éditions latines ont modifié ce nom de l'ouvrage, qui plus tard fut désigné sous celui de *Chirurgia magna*, nom que Laurent Joubert a consacré par sa traduction française, aujourd'hui la plus célèbre.

Nous possédons des manuscrits latins, français, languedociens, de la *Chirurgie* de Guy de Chauliac, mais quel est le manuscrit original? C'est ce que nous ignorons. Il y a à la Bibliothèque impériale un beau manuscrit latin; on trouve à la bibliothèque du Vatican, si impénétrable à l'érudition moderne, un manuscrit languedocien qu'on a supposé être le manuscrit original, emporté par les papes de la bibliothèque d'Avignon à celle de Rome; enfin il existe à la faculté de médecine de Montpellier un manuscrit français in-folio sur papier. Son frontispice porte pour titre : *Collectanée de la partie chirurgicale en médecine, fait en l'an MCCCLXIII, par* Guillaume de CAVILLAC. Mais ce manuscrit, qu'on pourrait croire, par sa date, l'œuvre de Guy de Chauliac lui-même, n'est pas complet, et le nom de l'auteur est, comme vous le voyez, défiguré. Ainsi, de quelque côté qu'on examine la question, on y trouve des incertitudes. Peut-être Guy de Chauliac a-t-il écrit à la fois en latin et en langue vulgaire, comme le faisaient à cette époque quelques écrivains médicaux.

Si des manuscrits nous passons aux éditions que l'imprimerie nous a données dès son début, nous trouvons la plus ancienne en 1490, à Venise. Les Juntes, ces célèbres imprimeurs du XVIe siècle, ont aussi publié, en 1546, dans leur fameuse collection des arabistes, une édition latine de Guy de Chauliac; il y en a encore plusieurs autres.

Nous avons plusieurs traductions françaises du livre de Guy de Chauliac; il y en avait une fort ancienne d'un auteur inconnu, mais la plus célèbre est celle que donna, à la fin du XVIe siècle, en 1585, Laurent Joubert, avec des annotations et des interprétations des termes par son fils, Isaac Joubert. Cette traduction a eu de nombreuses éditions. Guy de Chauliac a été aussi mis en français et commenté, à la fin du XVIIe siècle, par un chirurgien juré de Bordeaux, Simon Mingelousaux. Enfin il a été traduit en anglais et en espagnol, puis commenté et abrégé un grand nombre de fois, et réduit, sous le nom de *Guidon* ou de *Fleurs du grand Guidon*, à une sorte de catéchisme chirurgical par demandes et réponses. C'est ainsi que Laurent Verduc le donnait encore aux étudiants vers la moitié du XVIIIe siècle.

Je vous ai dit tout à l'heure qu'avant la traduction de Laurent Joubert, un des plus célèbres professeurs de la faculté de Montpellier au XVIe siècle, il existait déjà une traduction française. « Mais, dit Joubert, » elle était si lourde, si scabreuse, si grossière, si » barbare, si épineuse, qu'il n'y avait moyen de la corri- » ger. » J'ai bien, toutefois, quelques doutes à cet égard, car le manuscrit français, daté de 1363, qui appartient à la faculté de Montpellier, et qui peut nous donner une idée de cette ancienne traduction, n'est pas, comme l'a prétendu Joubert, si lourd et si barbare. N'y avait-il pas là quelque jalousie de traducteur qui le faisait parler ainsi?

La traduction française d'un pauvre chirurgien par maître Laurent Joubert, professeur à la faculté de Montpellier, puis chancelier de l'université, médecin ordi-

Digitized by Google

naire des rois de France et de Navarre, fit presque scandale dans le monde des médecins et des chirurgiens clercs et lettrés pouvant lire le latin.

Les médecins disaient, c'est le fils du traducteur qui nous l'apprend dans une préface aux *annotations* faites pour la traduction de son père, que M. Laurent Joubert ne se devait point tant abaisser que de traduire du latin en français un livre de chirurgie, un Guy de Chauliac dont la vieille traduction traînait dans la boutique des barbiers, mais qu'il eût mieux fait de composer des livres de son imagination ou de traduire les œuvres des anciens, latins ou grecs. Ceux qui parlaient ainsi n'avaient guère raison, car nous connaissons les œuvres sorties de l'imagination de Laurent Joubert, et son *Traité du ris*, celui sur la *Réforme de l'orthographe*, son livre sur les *Erreurs populaires au fait de la médecine*, ne doivent pas tant nous faire regretter qu'il n'ait pas composé davantage de livres de son imagination.

Les chirurgiens, chose assez étrange, murmurèrent aussi contre la traduction française de Guy de Chauliac. Il y avait alors deux sortes de chirurgiens. Les uns, ayant eu l'heureuse chance d'être, comme on disait alors, nourris de bonnes lettres, savaient le latin; les autres, ignorant cette langue des lettrés, mais élevés dès l'enfance dans le métier de chirurgien, soit par leur père, soit par quelque maître en chirurgie, avaient souvent un bon esprit d'observation, opéraient bien, enfin formaient un ensemble de praticiens habiles auxquels nous avons dû parfois les plus précieuses conquêtes de la médecine opératoire.

Les chirurgiens latinisants dédaignaient l'œuvre de Guy et s'en tenaient seulement aux écrits d'Hippocrate et des anciens auteurs. Cependant on rapporte qu'ils lisaient parfois la *Chirurgie* de Guy de Chauliac en cachette, comme ayant honte de prendre quelque chose dans l'œuvre d'un chirurgien. Mais il paraît certain qu'on se plaignait surtout de voir, par la traduction française, les recettes chirurgicales mises à la portée des barbiers et des chirurgiens qui ne savaient pas le latin. Ce n'était plus alors qu'une triste question de boutique.

Le fils de Laurent Joubert, Isaac Joubert, prit à ce propos la défense non des barbiers, qui ne savaient pas lire, mais de ces chirurgiens studieux, affectionnés à l'art de la chirurgie, qui, par malheur, n'avaient point été entretenus dès leur enfance aux écoles de grammaire et de bonnes lettres. Il montra de quelle utilité devait être pour eux la traduction de Guy de Chauliac.

D'ailleurs cet Isaac Joubert était un ami du progrès; il reconnaissait aux gens studieux le droit d'apprendre au moyen de bons livres qu'on publiait en langue vulgaire, et comme il était protestant, il se moquait de ceux qui lisaient, sans y rien comprendre, leurs patenôtres en latin. Il osait soutenir que les chirurgiens non latinisants pouvaient discourir, raisonner, disputer et consulter très-bien en français. J'ai bien aussi l'idée qu'Isaac Jouber n'était pas seulement un libéral en fait d'instruction chirurgicale, mais qu'il avait en toutes choses ce que quelques personnes appellent de nos jours la manie de la liberté, car dans la préface à laquelle j'ai fait allusion, il ne craint pas d'avancer que « pour l'abus, il ne faut » jamais condamner l'usage des bonnes choses, et que si » l'on voulait abolir tout ce de quoi on peut mal user, » il faudrait abolir tout ce qui est, car de tout on peut » abuser ».

Voilà des paroles qui montrent dans Isaac Joubert un de ces libéraux souvent cités du XVI^e siècle : ne trouvez-vous pas avec moi, messieurs, que son langage serait encore assez avancé pour le nôtre?

C'est par de telles mains que la *Chirurgie* de Guy de Chauliac a été popularisée chez nous. Vous n'attendez sans doute pas de moi une analyse détaillée de ce manuel qui n'a presque plus pour nous aujourd'hui qu'une valeur historique. Je vais seulement vous indiquer à grands traits la division de l'ouvrage.

La *Grande chirurgie* commence par ce que l'auteur appelle un *chapitre singulier*, résumé très-concis de l'histoire de la chirurgie, des doctrines qui régnaient au temps de Guy de Chauliac, enfin des qualités et des devoirs des chirurgiens. C'est assurément un des plus curieux passages de ce livre.

Viennent ensuite sept traités qui comprennent : 1° un *Traité d'anatomie;* 2° le *Traité des apostèmes, exitures et pustules*, où se trouve décrite, à propos des apostèmes de la poitrine, la fameuse peste d'Avignon en 1348 et 1360; 3° le *Traité des playes*, un des meilleurs de l'ouvrage; 4° le *Traité des ulcères*, où l'on voit décrites beaucoup d'affections qui ne se retrouvent plus aujourd'hui sous le même titre, telles que le cancer ulcéré, la fistule lacrymale, la fistule à l'anus, les aphthes de la bouche etc.; 5° le *Traité sur les fractures et les luxations*, bien inférieur, surtout pour les fractures en particulier, aux écrits d'Hippocrate sur le même sujet; 5° un traité composé sur les maladies autres que les précédentes, et qui rentrent plus ou moins dans le domaine chirurgical. La goutte, la ladrerie, beaucoup d'éruptions cutanées, la brûlure, les verrues, l'amputation des membres surnuméraires ou tombés en gangrène, la cataracte, la cure radicale des hernies, et la pierre, s'y trouvent décrites. Enfin le traité VII est consacré à un petit résumé de thérapeutique générale et à un abrégé de l'usage des médicaments suivant les parties. On connaît encore ce dernier traité sous le nom d'*antidotaire*.

Je n'analyserai pas devant vous ces différents traités; il me paraît préférable de vous montrer d'une façon générale ce que fut Guy de Chauliac dans son œuvre et dans sa pratique.

Si vous voulez bien jeter les yeux sur les écrits de ces chirurgiens italiens du XIII^e siècle dont je vous parlais tout à l'heure, de Brunus, de Théodoric, de Roland, de Lanfranc, de Guillaume de Saliceet, de Roger, vous verrez que ces livres sont uniquement consacrés à la chirurgie. Guy de Chauliac ne procède point ainsi. Per-

Digitized by Google

suadé, comme Galien, que le chirurgien qui n'est pas anatomiste ressemble « aux mauvais cuisiniers qui ne tranchent pas au niveau des jointures, mais brisent, cassent et déchirent les tissus sans méthode », il donne à l'anatomie la première place dans son livre. Il a fait des études pratiques sur le cadavre, et l'on s'en aperçoit bien vite à la façon dont il indique comment on doit s'y prendre pour étudier certaines régions du corps, les viscères du petit bassin par exemple; comment il faut lier les intestins et soulever le mésentère pour ne point être gêné dans l'examen des organes abdominaux : aussi prenait-il en pitié les treize peintures par lesquelles Henri de Mondeville semblait montrer l'anatomie. Son bon sens le conduisait surtout vers les choses pratiques, et ne lui permettait point de faire grand cas en anatomie des distinctions stériles, comme celle des parties en chaudes, humides et sèches. « C'est là, dit-il, une haute mer sur » laquelle il n'est point permis au médecin de naviguer. »

Il n'y a aujourd'hui rien à apprendre pour nous dans la lecture du *Traité anatomique* de Guy de Chauliac; mais je ne veux pas le quitter sans vous dire, à titre d'actualité, que notre anatomiste, quoique clerc, chapelain commensal et lecteur de la chapelle des papes, était un localisateur dans le cerveau des facultés de l'âme. Galien et quelques Alexandrins avaient déjà tenté ces localisations cérébrales; Guy de Chauliac poursuivit cette idée. « Le cerveau, dit-il, a trois ventricules. Chacun d'eux possède deux parties, et en chaque partie une vertu à son organe. A la première partie du ventricule antérieur est assigné le sens commun; à la seconde, l'imaginative; au ventricule du milieu, est située la pensive (*cogitativa*), et la raisonnante (*rationalis*); à celui de derrière, la mémoire et la recordation. » Mais, ce qui paraîtra plus étrange, c'est que cette idée des localisations cérébrales qu'on trouve aussi en germe dans le maître de notre chirurgien, dans Bertrucci, n'abandonne pas Guy de Chauliac dans la pratique. A propos des plaies du cerveau, il raconte qu'il a vu dans une plaie de tête sortir un peu de la substance cérébrale, *ce qui fut reconnu par l'offence de la mémoire*, et, dans l'exposé des signes des plaies de tête, il affirme qu'on perd la raison si la plaie est aux parties antérieures de la tête, et la mémoire si elle est aux postérieures.

Un siècle plus tard, dans ce livre que l'on connaît sous le nom de *Margarita philosophica*, et qui fut une des grandes encyclopédies du xv^e siècle, on voit représentées sur une figure schématique ces différentes localisations cérébrales, telles que les avait définies Guy de Chauliac. A cette époque, théologiens et médecins spiritualistes ne s'étaient pas encore réunis pour frapper de discrédit la phrénologie scientifique, qui renaît aujourd'hui et s'affirme avec les données plus exactes de la science moderne. Mais de l'anatomiste passons maintenant au chirurgien.

Ce qui frappe le plus dans l'étude de la chirurgie de Guy de Chauliac, c'est l'érudition. Il avait beaucoup lu et beaucoup profité de ses lectures dans les nombreux manuscrits que possédaient alors les facultés de Montpellier et de Bologne.

Il paraît n'avoir connu que les *Aphorismes* d'Hippocrate, et la chose est regrettable, car sur bien des points, sur les fractures et les luxations en particulier, sa chirurgie est bien inférieure à la chirurgie hippocratique. Galien et les Arabes, dont il avait 18 auteurs, sont ses maîtres. Il ignorait l'existence des livres de Celse et d'Aétius, mais il connaissait le VI^e livre de Paul d'Égine. Enfin, il s'était familiarisé avec les écrits des chirurgiens arabistes du XIII^e siècle, Brunus, Guillaume de Salicet, Henri de Mondeville, Lanfranc, Théodoric. Il cite à chaque instant ces auteurs, Galien près de neuf cents fois, Avicenne près de sept cents, et Hippocrate cent vingt fois. Il cite aussi assez souvent ses contemporains, qu'il avait vus opérer dans le midi de la France.

Lorsqu'il était attaché à la cour d'Avignon, il eut cette bonne fortune pour un érudit, de pouvoir étudier quelques livres de Galien, traduits par Nicolas Reggio, à la demande de Robert de Naples, et adressés en cadeau par ce roi au pape.

Guy de Chauliac ne se fait point de son livre une idée trop élevée, et reconnaît qu'il n'y a rien mis du sien. « La cause de ce commentaire, dit-il, n'a pas été faute » de livres, mais plutôt union et profit. Chacun ne peut » avoir tous les livres, et quand il les aurait tous, ce serait » fascherie de les lire entièrement. » On ne s'attendait guère à trouver dans la bouche d'un érudit ce dernier conseil.

Ce qui étonne dans le livre de notre chirurgien, c'est l'heureuse disposition des matériaux, l'admirable méthode qui, du commencement à la fin de l'ouvrage, n'a jamais abandonné l'auteur. Guy de Chauliac, ne cédant que le moins possible aux divisions scolastiques, eut l'art d'instruire les esprits communs en descendant à leur niveau. Les chirurgiens qui n'étaient pas nourris dans les lettres latines et grecques, les barbiers qui opéraient comme eux, se souciaient fort peu des théories galéniques et des divisions scolastiques, mais ils étaient heureux de trouver dans Guy de Chauliac une clarté d'exposition qui devait satisfaire les intelligences les plus vulgaires. Quand Guy de Chauliac, par exemple, trace les indications de l'ouverture d'un abcès, il le fait dans un langage concis et d'une admirable lucidité. Je vous demande la permission de vous citer ce passage de son livre comme un exemple du genre : « Il faut, dit-il, tenir » compte de sept indications : la première est que la » section soit faite au lieu de la matière; la seconde, » qu'elle soit faite au plus bas lieu; la tierce, qu'elle soit » faite suivant les rides et comme vont les muscles; la » quatrième, qu'on garde les nerfs et les veines autant » qu'il sera possible; la cinquième, qu'on ne sorte pas » soudain toute la matière, principalement aux grandes » exitures; la sixième, qu'on traite le lieu avec le » moins de douleur possible; la septième, qu'après

Digitized by Google

» l'ouverture, le lieu soit mondifié, incarné et conso-
» lidé. »

Voilà d'excellents conseils; ils profitèrent surtout à ces plébéiens de la chirurgie, qui, sans tonsure et sans lettres, devinrent des chirurgiens illustres, comme Paré, et d'habiles opérateurs comme Franco.

Guy de Chauliac pensait que les chirurgiens devaient pratiquer eux-mêmes les plus petites opérations, et il n'en exceptait pas l'extraction des dents. Il ne repoussait pas, comme beaucoup de chirurgiens du XIIIe siècle, les opérations par l'instrument tranchant, et dans plus d'un cas il donna la préférence au bistouri sur le caustique, pour enlever des tumeurs, des ganglions altérés, restes de ces écrouelles que la main des rois de France ne parvenait plus à guérir. Il approuvait avec Avicenne la trachéotomie dans une certaine forme d'esquinancie; il conseillait de traiter le goître par les caustiques. Dans l'ascite, après avoir employé les purgatifs, les diurétiques et la sudation par les étuves, il proposait, sous l'autorité d'Albucasis, d'Ali-Abbas, d'Avicenne, d'ouvrir le ventre à trois doigts sous le nombril, en déplaçant la peau en haut par un pli, de façon que ce pli, une fois abandonné à lui-même, pût revenir sur le péritoine et en masquer l'ouverture. C'était là un des moyens aujourd'hui souvent utilisés de la méthode sous-cutanée.

Mais avant d'opérer l'ascite, il fallait en faire le diagnostic par la percussion, — immédiate, je pense, — et, à ce propos, maître Guy a bien soin de nous rappeler que l'ascite résonne comme une *peau de bouc à demi pleine d'eau, et la tympanite comme une peau de bouc gonflée de vent.*

Il opérait la cataracte par abaissement, mais recommandait de ne pas *faire de l'assuré* en matière de cataracte, car il pensait que l'opération par l'aiguille était très-décevable, ce qui, depuis lors, messieurs, n'a pas le moins du monde changé.

Guy de Chauliac conseillait de réunir les tendons coupés, et il avait bien constaté le succès de cette opération chez les enfants.

Notre chirurgien ne pratiquait pas la taille que faisaient surtout ces chirurgiens ambulants qu'on nommait avec dédain des *coureurs*, mais il assurait l'avoir vu faire.

Je voudrais maintenant pouvoir passer sous silence un point de sa pratique chirurgicale, mais je vous ai promis de vous parler de ses qualités et de ses défauts. Or, je dois dire que, comme beaucoup de ces *coureurs* qui s'en allaient de ville en ville pratiquer des opérations, il cherchait à obtenir la cure radicale des hernies par la cautérisation potentielle du cordon. Son procédé était peut-être moins barbare que les autres, mais il ne devait pas donner de meilleurs résultats.

Trois méthodes pour faire la cure radicale de la hernie étaient alors en présence, l'excision du cordon et du testicule, la ligature et la cautérisation. Guy de Chauliac faisait la cautérisation avec la chaux, sur le trajet du boyau réduit, en un lieu déterminé par le point le plus élevé où le testicule pouvait être repoussé; il n'enlevait pas le testicule, mais il détruisait sans doute, avec le canal herniaire, le cordon et le canal déférent, et il atrophiait la glande. C'était d'ailleurs un progrès sur la méthode opératoire d'Albucasis, d'Ali-Abbas, de Roger, de Brun, de Théodoric, et même de Guillaume de Salicet, qui, après avoir réduit l'intestin, fendaient le sac, le liaient avec le cordon et le testicule, puis enlevaient avec le couteau toute la masse.

Du reste, notre chirurgien ne paraît pas beaucoup s'inquiéter du sort réservé au testicule de l'opéré, car, parlant de ceux qui suivaient le procédé de l'extirpation, il ajoute : « S'ils opèrent fallacieusement afin de sauver le
» testicule, ils n'ont point d'excuse, car j'ai vu plusieurs
» engendrer avec un testicule, et de deux maux il faut
» choisir le moindre. »

Cette opération était souvent pratiquée alors, même sur de grands seigneurs, et c'est en opérant Louis de Brissac, de Vienne en Dauphiné, que Guy de Chauliac modifia un peu l'opération, en usant du cautère cutellaire après la première ouverture du sac. Mais il ne se faisait pas d'illusion sur les dangers de cette opération, et conseillait d'user alors de tout ce qui peut aider et non nuire. Il fait même l'énumération des accidents possibles, et ajoute, s'il survient de la fièvre ou un flux de sang, « qu'on appelle le médecin ».

Cependant il était médecin lui-même autant que chirurgien, et il s'en vante avec raison. Il n'aurait pas voulu passer pour ces chirurgiens qu'il appelait les *mécaniques*, et il s'occupait avec soin du régime médical et de la diététique des blessés. C'est encore aujourd'hui une question à l'ordre du jour. Personne de vous n'ignore que depuis quelques années il s'est fait une modification heureuse dans l'esprit des chirurgiens sur l'alimentation des blessés. Les uns s'en tiennent encore à une diète assez sévère, ou à ce qu'on nomme, dans le langage familier de la pratique, un régime adoucissant; mais les autres, et ce sont les plus nombreux, suivant en cela les conseils de quelques chirurgiens anglais, donnent sans crainte aux blessés une alimentation succulente et du vin.

Il y avait, du temps de Guy de Chauliac, la même divergence dans la pratique des chirurgiens. Théodoric et Henri de Mondeville conseillent de donner de très-fort vin clairé aux individus récemment blessés, même à ceux blessés à la tête et à la poitrine; d'autres, et Guy de Chauliac était du nombre, s'élevaient contre ces conseils, que notre chirurgien taxait « de folie dont il ignorait l'origine et que Galien ne commandait pas »; il voulait que les blessés fussent soumis à une certaine diète jusqu'à sept jours, parce qu'il peut survenir chez eux de la fièvre et des apostèmes. Il donnait une nourriture légère, peu excitante, supprimait le vin, administrait l'eau panée, et ne revenait que peu à peu à la nourriture habituelle.

La pratique de Théodoric et d'Henri de Mondeville passa en Angleterre sous l'égide d'un de leurs contem-

Digitized by Google

porains, de Jean de Gaddessen, chirurgien peut-être un peu trop oublié, et en tout cas jugé très-sévèrement par Guy de Chauliac. Faut-il croire que la pratique de Gaddessen ait pris dans la chirurgie anglaise plus de racines que chez nous? On peut le supposer, en se rappelant que chez nos voisins, les blessés n'ont jamais été mis à une aussi maigre diète que chez nous.

Cette question de pratique chirurgicale qui occupait déjà les chirurgiens du moyen âge, et qui nous occupe encore aujourd'hui, se réduit à des termes assez simples: une nourriture tonique ne doit jamais être refusée aux blessés qui peuvent facilement la tolérer, mais tous ne la tolèrent pas.

Guy de Chauliac avait l'instinct plutôt que la science des indications opératoires; il l'avait reçu à Montpellier de son maître Raymond de Molieres, dont il aimait à rappeler souvent cette pensée vraie : « C'est que toutes choses ne conviennent à tous, mais certaines à certains. » Dans la question si souvent débattue du trépan et dans le pansement des plaies, il nous montre toutes ses qualités en ce sens.

Il régnait alors en chirurgie à peu près cette doctrine que toutes les fractures du crâne indifféremment doivent être traitées par les rugines et les trépans, pour donner facilement issue aux liquides qui s'amassent au-dessous de la solution de continuité faite à l'os. Galien, Paul d'Égine, Ali-Abbas, Avicenne, Albucasis, Roger, Brunus et Guillaume de Salicet appuyaient cette pratique; mais, à côté d'eux, Anserin de la Porte, quelques chirurgiens de Padoue et de France, soutinrent au contraire qu'on devait essayer de rejeter la sanie sans enlever les os, et à cet effet ils se servaient d'emplâtres et de médicaments internes; enfin, là comme ailleurs, il y avait un parti du juste milieu, qui, avec Théodoric, Henri de Mondeville et Lanfranc, employait des topiques d'abord et le trépan plus tard.

Guy de Chauliac ne se laisse point dominer ici par l'autorité de Galien ni des autres, et il se dirige d'après les indications fournies par la fracture. Les petites fractures seront, selon lui, traitées comme les simples plaies de tête, sans le trépan, que Guy de Chauliac ne réserve qu'aux contusions avec grande fracture, pour la découvrir et l'élargir afin de la nettoyer et d'enlever des fragments osseux.

C'est le même esprit qui le guide dans le traitement des plaies de la poitrine. Il faut suivre, dit-il, « *les indications de la plaie* ». Si la plaie est pénétrante, mais sans accumulation de matière, il ne faut pas maintenir de tente dans la plaie; si au contraire la sanie s'accumule dans la plaie, il faut y maintenir une mèche et faire des injections. Enfin, si le pus s'accumule au côté, si l'injection ne peut être supportée, il faut pratiquer ce qu'on nomme une contr'ouverture. Nous ne dirions pas mieux aujourd'hui.

Guy de Chauliac, quoique dévoué à Galien et aux maîtres arabes, n'aimait point à s'enrôler dans les sectes qui divisaient alors les chirurgiens, et qui se retrouvent encore aujourd'hui dans les différentes méthodes de pansement des plaies.

Il y avait, c'est Guy de Chauliac qui nous l'apprend lui-même, la secte de Roger, de Roland et des quatre maîtres, qui, se fondant sur un précepte de Galien cherchait à favoriser dans toutes les plaies et dans tous les apostèmes la suppuration à l'aide de *bouillies* et de *paparots*. C'était ce que Lisfranc aimait à appeler, dans son langage brutal, la chirurgie du cataplasme.

Une autre secte, s'appuyant toujours sur un précepte de Galien, et croyant que *le sec approchait plus du sain que l'humide*, desséchait indifféremment toutes les plaies avec du vin seul ou de l'eau ardente. Cette secte a été la devancière de ceux qui maintenant vantent, et vantent avec raison, selon moi, les pansements vineux et alcooliques.

Il y avait enfin une troisième secte, un tiers parti, qui, avec Guillaume de Salicet et Lanfranc, ne voulait ni des cataplasmes, ni des pansements à l'eau ardente. Elle avait trouvé son juste milieu dans les onguents et les emplâtres doux.

Guy de Chauliac ne s'enrôla dans aucune de ces sectes et resta éclectique.

Sa pratique peu hasardeuse lui inspira cette certaine prudence professionnelle qui, poussée à l'excès, devient chez quelques personnes un art, l'art de ne pas se compromettre, et fait souvent la plus grande partie de leur succès. Ainsi notre chirurgien craignait d'opérer le cancer, à cause des *scandales* que la récidive amène. S'agit-il de retrancher un membre mortifié, il aime mieux que le membre se sépare spontanément et voici la raison qu'il en donne. « Il est plus honnête (ce sont ses propres paroles) que le membre tombe de lui-même que si on le tranchait; car toujours, quand on le tranche, il en reste quelque regret au malade, qui pense que ce membre pouvait lui rester. » Bref, dans plus d'un passage de son livre il témoigne qu'il craint les bavardages de ceux qu'il appelle assez crûment des *idiots* et des *lourdauds*.

Mais, avec tout cela, messieurs, quelle honorabilité professionnelle. Il n'y a pas dans le livre de Guy de Chauliac une phrase que ne puisse accepter un médecin honorable, et combien il diffère, à cet égard, de quelques écrivains médicaux du XIIIe et du XIVe siècle. Lisez Arnaud de Villeneuve, que consultait aussi un pape, le pape Clément V, atteint de la gravelle, et comparez-le avec notre Guy de Chauliac. Arnaud de Villeneuve faisait souvent de la médecine par l'examen des urines, et voici comment il conseillait de s'y prendre : » Tu ne sauras peut-être pas, dit-il au lecteur, ce que » dénote l'urine que tu viens d'examiner; dis toujours : » *Il y a obstruction au foie*. Si le malade répond : Non, » maître, c'est à la tête que j'ai mal, hâte-toi de répli- » quer : Cela vient du foie. Sers-toi de ce mot obstruc-

Digitized by Google

» tion parce qu'ils ne savent pas ce qu'il signifie et qu'il » importe qu'ils ne le sachent pas. »

Molière n'avait sans doute pas lu Arnaud de Villeneuve, mais il semble le traduire dans cette scène du *Malade imaginaire*, où Toinette, déguisée en médecin, veut persuader à M. Argan qu'il est malade des poumons, tandis que les uns disent que c'est du foie et les autres de la rate. « Je sens de temps en temps des douleurs de tête, dit M. Argan. — Justement le poumon, » répond Toinette.

Gaddessen, le contemporain de Guy de Chauliac, n'avait pas non plus une pratique sans reproche. Sa plus grande préoccupation était de voir ses soins généreusement payés, et afin de n'être point trompé à cet égard, il conseillait de prendre des arrangements pécuniaires avec les malades avant d'entreprendre le traitement. Il avait, comme vous le voyez, inventé les *traitements à forfait*.

Que les écrits et la conduite de Guy de Chauliac sont loin de toutes ces misères de la pratique ! quelle haute idée il se fait des devoirs du chirurgien, et quelles qualités il exige pour lui ! Il est même, comme vous allez le voir, très-exigeant. Il veut que le chirurgien soit lettré, qu'il sache la médecine, l'anatomie, l'hygiène ; il veut plus encore, car il veut qu'il connaisse quelque peu des autres arts, et va même jusqu'à menacer les médecins peu lettrés de se voir un jour remplacés par les *charpentiers* et les *maréchaux*, qui, selon lui, quittant leurs métiers, se feraient médecins.

Il faut encore que le chirurgien soit expert, consciencieux, de bon jugement et de bonne mémoire ; qu'il ait de bonnes mœurs ; qu'il soit gracieux avec ses malades, sobre, miséricordieux, et enfin non *convoiteux ni extorsionnaire d'argent*. Mais, craignant sans doute que ces derniers conseils ne soient pas exactement suivis, il nous trace en quelques mots une règle sûre pour les honoraires du chirurgien qui doit recevoir son salaire « selon » son travail, les facultés du malade, la façon dont la » maladie s'est terminée et sa dignité. »

Beaucoup de ces qualités se montrèrent en Guy de Chauliac durant cette funeste épidémie qui, venue de l'Orient, envahit la France vers le milieu du XIVe siècle, et fit tant de ravages à Avignon en 1348, sous le pape Clément VI. Ce fléau était inconnu des médecins. « Ils n'y » comprenaient rien, disait Boccace ; mais ce qui est beau- » coup plus étonnant, ils en convenaient eux-mêmes. »

La mortalité commença en janvier et dura jusqu'en septembre. Ce fut au début de l'épidémie une fièvre continue et des crachements de sang ; on en mourait en trois jours. Plus tard la forme de la maladie changea : il y avait encore de la fièvre, mais il survenait des bubons aux aisselles et aux aines ; on en mourait en cinq jours.

La contagion était si grande, ou du moins on en avait si grande peur, que le père ne visitait pas son fils malade, ni le fils son père. « La charité étoit morte, dit Guy de Chauliac, et l'espérance abattue. »

C'était un mauvais temps pour les médecins. Cette épidémie, selon Guy de Chauliac, fut inutile et honteuse pour eux, « d'autant qu'ils n'osaient visiter les » malades de peur d'être infects : et quand ils les visi- » toient, n'y faisoient guère et ne gaignoient rien. Car » tous les malades mouroient, excepté quelque peu, sur » la fin, qui en eschappèrent avec des bubons meurs. » Dans ces tristes conditions, beaucoup de médecins abandonnèrent la ville et les malades.

Guy de Chauliac n'imita pas la conduite honteuse de ses confrères d'Avignon. Il resta à son poste, bravement, je ne saurais le dire, car il nous raconte qu'il avait une *continuelle peur*. Mais il y resta pour éviter l'infamie, et comme un homme chez lequel le sentiment d'un grand devoir à remplir l'emporte sur la crainte d'un danger personnel. Ce que j'admire surtout ici dans Guy de Chauliac, c'est la simplicité avec laquelle il nous raconte toutes ces choses-là ; il n'y a aucune forfanterie dans son récit, il nous dit les choses tout naïvement. Il est homme, il craint pour sa vie, il a une continuelle peur ; mais, malgré tout cela, il ne quitte pas le théâtre de l'épidémie.

Combien sa conduite fut différente de celle d'un grand médecin du XVIIe siècle, de Sydenham, durant la peste qui frappa Londres en 1665 et 1666. Dès le début de la contagion il quitta Londres par peur, et donna ainsi l'exemple d'une lâcheté dont je suis heureux de ne pas pouvoir vous citer d'autres exemples.

Et nous aussi, messieurs, nous avons vu de grandes épidémies qui ont jeté l'épouvante dans nos villes. Nous avons vu les cadavres s'amonceler dans les hôpitaux, et de tristes tombereaux parcourant lentement la ville pour recueillir le soir les morts de la journée. Mais nulle part les médecins n'ont abandonné leur poste, nulle part les administrations n'ont cessé de veiller à la charité publique, nulle part, comme au temps de Guy de Chauliac, le père n'a abandonné son fils, ni le fils son père. Et après cela, des esprits mal tournés viendraient encore nous dire que nous valons moins que le moyen âge.

Malgré les préservatifs dont Guy de Chauliac faisait usage, malgré la thériaque avec laquelle il cherchait à *se conforter le cœur*, la peste finit par l'atteindre. Il eut un bubon pestilentiel à l'aine avec de la fièvre, et fut en si grand danger, que tous ses compagnons croyaient qu'il mourrait. Il guérit cependant, et en 1360 revit la peste à Avignon sous le pontificat d'Innocent VI. Dans la première peste, la populace était surtout frappée ; mais dans la seconde, ce furent des riches, des nobles et beaucoup d'enfants qui périrent. Maître Guy composa alors un préservatif, un électuaire thériacal formé d'une grande quantité de drogues aromatiques et auquel il avait pleine confiance « : J'en prenais, dit-il, comme de la thériaque, et je fus préservé. » Il fallait bien trouver quelque cause à cette peste. On en accusa d'abord les juifs, c'était de

Digitized by Google

mode, et on les tua. Ils avaient, dit-on, empoisonné les fontaines. On accusa aussi de ce méfait les mutilés et les nobles, et on les chassa de la ville. Il faut dire à l'honneur du client de Guy de Chauliac, du pape Clément VI, qu'il n'accepta pas ces interprétations odieuses et protégea les juifs. Il est probable qu'il partageait avec son médecin cette opinion, que la peste était due, non aux juifs, mais à la conjonction des trois grandes planètes.

Guy de Chauliac nous raconte qu'on prenait du reste, aux portes de la ville, d'excellentes mesures pour empêcher les gens qui y entraient d'empoisonner les fontaines. On les fouillait, et si l'on trouvait sur eux quelque poudre ou quelque onguent, on les obligeait à les avaler. La police de nos jours n'aurait rien inventé de mieux.

L'étude que nous venons de faire de Guy de Chauliac ne vous a point montré en lui l'homme qui devait apporter dans la chirurgie des idées nouvelles. Il n'a presque rien inventé. Une sorte de sonde cannelée, le pansement des ulcères par une lame de plomb, quelques cautères de forme variée, sont ses plus grandes inventions. C'est un écrivain érudit et méthodique qui est encore presque entièrement soumis à l'autorité de Galien et des maîtres arabes. Rarement il s'écarte d'eux; cependant on voit poindre, en plus d'un passage de son livre, cette pensée que l'autorité, quelle que bonne qu'elle soit, n'est que le tiers instrument de l'étude, et que s'il est utile d'alléguer des témoignages en faveur de son opinion, il faut surtout chercher la vérité par l'*expérience* et par la *raison*. Ce n'est plus le langage de la scolastique, que celui de l'homme qui conseille de « mépriser les mots et de rechercher les choses ».

Guy de Chauliac était bien de son temps. Le XIVe siècle a la foi dans le principe d'autorité, mais c'est une foi qui se permet quelques licences. On adore les anciens; on recherche avec ardeur les manuscrits latins, grecs et arabes, on les traduit; on fonde de nombreux colléges, ce qui est toujours un bon signe; mais, à côté de tout cela, on commence à ne plus croire à ce qu'ont cru les siècles précédents. Le peuple n'a plus une foi entière dans les droits des seigneurs, et chante la vieille ballade saxonne: *Du temps qu'Adam bêchait et qu'Ève filait, où était le gentilhomme?* Jean de Meung, ce libre penseur du XIVe siècle, se moque de l'influence des comètes sur la mort des princes et les changements de règne, et ses poésies ont souvent toutes les hardiesses du *Contrat social*. L'art lui-même prend des allures agressives, et, malgré l'indignation de saint Bernard, la sculpture a sa critique.

Dans les sciences, et dans la médecine en particulier, le libre examen est plus lent à se mouvoir que dans la philosophie et la politique; aussi les remarques de Guy de Chauliac contre le principe d'autorité vous paraîtront-elles bien timides à côté des hardiesses de Jean de Meung: peu importe, elles existent. Notre vieux chirurgien (notez aussi, pour son excuse, qu'il a été médecin, chapelain, commensal et lecteur de la chapelle de trois papes), notre vieux chirurgien n'a plus pour dogme unique l'autorité; il se rit de ceux qui, pour me servir de son langage, se *suivent comme des grues*, et proclame qu'un seul homme ne peut ni commencer ni achever une œuvre. Plein de confiance dans l'avenir, il nous compare à des enfants montés sur le dos d'un géant, d'où nous pouvons voir aussi loin que lui et même plus loin.

La croyance au progrès et aux droits de la critique avait pris pied sur un terrain qu'elle ne devait plus quitter.

L'autorité de Guy de Chauliac dura longtemps dans les écoles, mais elle s'affaiblit peu à peu, et disparut même avant l'époque où les abrégés de son livre guidaient encore les étudiants. Elle cessa d'exister du jour où les chirurgiens, s'inspirant des véritables méthodes scientifiques, se mirent à recueillir des observations détaillées, à les rapprocher les unes des autres pour les comparer; enfin, à constituer par là ce précieux assemblage de faits qui forme la base de la chirurgie moderne. Saviard, de Lamotte, J. L. Petit, Desault, ont été ces hommes-là. « Les observations, disait de Lamotte, sont » des choses fermes, stables et de tous les temps, au lieu » que les réflexions que l'on en tire peuvent changer, et » je les ai changées par de nouvelles observations faites » avec plus d'exactitude. »

Cette citation marque toute la distance qui nous sépare désormais de Guy de Chauliac. Le principe de l'autorité dans les sciences, et dans la médecine en particulier, s'est peu à peu affaibli, et sur ses ruines s'est établi, pour ne plus être renversé, le principe de l'observation exacte, patiente, minutieuse, tout ce qui, en médecine comme en chirurgie, fait la gloire de notre commune école de Paris.

Dr FOLLIN.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

X, XI, XII.

**Réactions endothermiques et exothermiques (suite).**

Nous allons continuer l'étude des corps qui se décomposent avec dégagement de chaleur (décomposition exothermique); et, pour cela, nous allons tâcher de nous rendre compte du mécanisme qui préside à la formation de ces corps. Les réactions de ce genre méritent surtout une grande attention quand elles s'appliquent à la chimie organique. Citons encore quelques exemples, afin de compléter ceux que nous avons déjà donnés.

L'acide picrique ou phénol trinitré, soumis à l'action

(1) Voyez les nos 27, 28, 29, 30, 32 et 33; et pour le cours du premier semestre, les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

Digitized by Google

de la chaleur, se décompose avec chaleur, lumière et détonation. Quand on opère sur une quantité de matière qui dépasse quelques cristaux, cette décomposition peut donner lieu, et a donné lieu en effet à des accidents graves. On a, du reste, pour la formation de ce corps :

$$C^{12}H^6O^2 + 3AzHO^6 = 3H^2O^2 + C^{12}H^3(AzO^4)^3O^2.$$

Les propriétés explosives sont dues à la présence simultanée des éléments hydrocarbonés et d'une partie des éléments de l'acide nitrique, lequel donne lieu à une *combustion interne* du composé, en s'unissant à son hydrogène et à une partie de son carbone.

Tout le monde sait que la fermentation alcoolique donne lieu à un grand dégagement de chaleur, puisque la température des cuves se maintient pendant plusieurs jours à 35 et 40 degrés. D'où vient ce dégagement de chaleur? C'est un phénomène de décomposition qui lui donne ici naissance :

$$C^{12}H^{12}O^{12} = 2C^2O^4 + 2C^4H^6O^2.$$

Le sucre se décompose donc, en donnant naissance à deux produits plus simples. Ce dégagement de chaleur a été étudié, il y a une dizaine d'années, par M. Dubrunfaut; ce chimiste, afin de simplifier les phénomènes, a opéré non sur le moût de raisin, mais sur une dissolution de sucre. Malgré cette précaution, cette étude présente de sérieuses difficultés qui tiennent principalement à ce que la décomposition s'effectue avec lenteur. Le dégagement de chaleur est d'ailleurs ici considérable, car il ne faut pas perdre de vue que l'on opère sur une liqueur qui renferme les 4/5es de son poids d'eau, laquelle s'échauffe en même temps; d'ailleurs, l'acide carbonique qui se dégage en abondance absorbe. pour prendre l'état gazeux, une grande quantité de chaleur.

D'après M. Dubrunfaut, la chaleur dégagée est égale environ à la huitième partie de celle qui peut être fournie par la combustion du carbone du sucre.

Or, $C^{12}H^{12}O^{12}$ renferme $C^{12} = 72$ parties de carbone, dont la combustion produirait 564 000 calories. On en conclut que la chaleur dégagée par la formation d'un équivalent de sucre est égale à 70 000 calories.

Ce résultat est très-remarquable en lui-même, en ce sens qu'il permet de déduire la chaleur de combustion du sucre lui-même, comme je l'ai fait remarquer. En effet, la chaleur de combustion de 2 équivalents d'alcool = 642 000; donc on a pour le sucre :

$$642\,000 + 70\,000 = 712\,000 \text{ calories.}$$

Ce calcul suppose, il est vrai, que le sucre ne donne par la fermentation que de l'alcool et de l'acide carbonique, tandis qu'il y a toujours environ 5 p. 100 de sucre qui se transforment en produits accessoires, tels que la glycérine et l'acide succinique; mais la différence due à cette cause doit être très-faible et implique d'ailleurs des compensations; quoiqu'il en soit, le nombre 712 000 est approximatif.

Pour nous rendre compte de tous ces phénomènes, il faut essayer de dévoiler le mécanisme de la formation des corps qui les présentent.

On doit partager tous ces corps en deux séries : 1° ceux qui résultent du jeu normal des affinités, agissent, à partir d'un premier composé ou même des éléments; tels sont l'oxalate d'argent, l'azotate d'ammoniaque et très-probablement les composés organiques nitrés; 2° ceux dont la formation résulte de réactions secondaires et simultanées, dues à l'affinité d'éléments spéciaux, lesquels ne se retrouvent plus dans les produits définitifs: tels sont l'eau oxygénée et l'éther ordinaire.

L'oxalate d'argent peut être pris comme type des réactions du premier genre; c'est en effet le corps sur lequel on peut le mieux se rendre compte des phénomènes qui nous occupent, au point de vue du jeu normal des affinités :

Formons d'abord avec les éléments $C^4, H^4$, le gaz oléfiant $C^4H^4$. Il se combine ensuite avec l'eau pour former l'alcool :

$$C^4H^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2.$$

Prenant l'alcool pour point de départ, on a maintenant :

$$C^4H^6O^2 + O^{10} = C^4H^2O^8 + 2H^2O^2.$$

Combinons d'autre part l'oxygène avec l'argent :

$$Ag + O = AgO;$$

Enfin réunissons cet oxyde avec l'acide oxalique :

$$C^4H^2O^8 + 2AgO = C^4Ag^2O^8 + H^2O^2.$$

Lors de la décomposition de ce dernier corps, on a pour résultat définitif :

$$2(C^2O^4) + 2Ag.$$

En nous appuyant sur les résultats qui précèdent, nous prendrons pour système initial les éléments suivants :

$$C^4 + H^4 + H^2O^2 + Ag^2 + O^{12},$$

et pour système final les groupements suivants :

$$2C^2O^4 + 2H^2O^2 + H^2O^2 + Ag^2.$$

Examinons comment on passe d'un système à l'autre en prenant comme intermédiaire l'oxalate d'argent. La formation de l'alcool, en partant des éléments :

$$C^4 + H^4 = C^4H^4$$
$$C^4H^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2$$

répond à un dégagement de 5 000 calories.

L'oxydation de l'alcool, pour former l'acide oxalique (dissous), dégage 255 000 calories :

$$255\,000 + 5000 = 260\,000$$

représente donc la chaleur dégagée par les éléments pour former l'acide oxalique dissous.

Pour arriver à l'oxalate d'argent solide, il faut connaître la quantité de chaleur dégagée par les éléments Ag + O de l'oxyde d'argent; elle est égale, pour 2AgO, à 5000 environ.

La quantité de chaleur qui doit se dégager lors de la

Digitized by Google

combinaison de l'oxyde d'argent avec l'acide oxalique dissous n'a pas été déterminée expérimentalement; mais on peut fixer un nombre au-dessous duquel elle doit être comprise. En effet, lors de la formation du chlorure d'argent, il y a 23 000 calories de dégagées. Or, ce nombre est plus fort que la chaleur produite dans la combinaison de l'acide oxalique avec l'oxyde d'argent; car j'ai vérifié que l'acide chlorhydrique dissous décompose l'oxalate d'argent en formant de l'acide oxalique dissous et du chlorure d'argent, avec dégagement de chaleur. — L'acide oxalique en s'unissant à 2AgO dégage donc (46 000 — N) calories (*).

On a donc enfin, pour la chaleur de formation de l'oxalate d'argent, envisagé depuis les éléments et dans les réactions mêmes qui engendrent ce composé :

$$\left.\begin{array}{r}255\,000\\5\,000\\(46\,000-N)\end{array}\right\}=306\,000-N.$$

En comparant ce nombre à la chaleur de combustion des éléments $C^4+H^4+Ag^2$, dont nous pouvons évaluer la somme à 331 000, on trouve une différence supérieure à 25 000 calories (25 000 + N). C'est précisément la chaleur dégagée pour arriver à $2C^2O4+2AgO$. Mais dans la décomposition de l'oxalate d'argent on obtient de l'argent métallique et non de l'oxyde; comme la décomposition de ce corps absorbe 5000 calories, il reste plus de 20 000 calories dégagées lors de la décomposition du sel.

Ces chiffres, bien qu'approximatifs, suffisent pour prouver que dans la décomposition de l'oxalate d'argent, il doit y avoir dégagement de chaleur. Cette circonstance est due à ce que le système final n'est pas identique avec le système initial, puisque, en partant du carbone, de l'hydrogène, de l'argent et de l'oxygène, nous arrivons à l'eau, à l'acide carbonique et à l'argent.

Ainsi la décomposition de l'oxalate d'argent doit être considérée comme le résultat d'une véritable combustion interne, l'oxygène de l'oxyde d'argent se portant sur l'acide oxalique; d'où résulte la transformation de ce dernier en acide carbonique.

C'est à une réaction du même genre qu'il faut rapporter l'origine du dégagement de chaleur qui a lieu lors de la décomposition du protoxyde d'azote, bien que les données connues ne soient pas suffisantes pour analyser complétement ce nouvel exemple.

En partant du système initial

$$Az^2+H^3+O^5+HO;$$

on peut arriver au système final

$$Az^2+O^2+2H^2O^2;$$

c'est-à-dire à un système final distinct du système initial.

Or, on arrive à ce résultat suivant deux marches différentes.

(*) N est probablement voisin de 12 000 calories. C'est la chaleur dégagée par la réaction de l'acide chlorhydrique sur l'oxalate d'argent.

*Première marche :*

En effet, on peut obtenir avec ces corps :

1° $Az+H^3=AzH^3$, dégageant 23 000 calories;
$AzH^3$ se dissolvant dans l'eau dégage 9000.

2° $Az+O^2=AzO^2$ » X.

C'est cette dernière combinaison dont on ne connaît pas la valeur calorifique; mais, en raison de la stabilité du deutoxyde d'azote, on peut conjecturer qu'il se forme avec dégagement de chaleur.

3° $Az^2+O^3+HO=AzO^5HO$ étendue dégageant 20 600 calories

d'après M. Favre.

On forme donc ici une série de combinaisons qui ont toutes lieu avec dégagement de chaleur.

5° En combinant ensuite l'ammoniaque avec l'acide, le corps étant dissous à l'avance, il se dégage encore 14 000 environ :

$$AzO^5HO+AzH^3=AzO^5HO.AzH^3.$$

Le sel, en se séparant sous forme solide, dégage encore 5000 calories.

Traité par la chaleur, l'azotate d'ammoniaque donne :

$Az^2O^2+2H^2O^2$, ce qui répond à un dégagement positif ou négatif Y.

Enfin, le protoxyde d'azote se décompose en azote et oxygène, avec dégagement de 18 000 calories :

$$Az^2O^2=Az^2+O^2.$$

On a donc pour la chaleur totale dégagée depuis les éléments :

$$89\,000+X+Y.$$

*Deuxième marche :*

On peut comparer ces résultats avec la chaleur dégagée, lorsque l'on passe du système

$$Az^2+H^3+O^3+HO,$$

au système

$$Az^2+O^2+2H^2O^2,$$

en brûlant directement

$$H^3 \text{ par } O^3.,$$

Cette quantité est égale à 103 500 calories. Donc

$$X+Y=14\,500.$$

Pour calculer Y, il faudrait connaître X (chaleur dégagée dans la formation du bioxyde d'azote) par la réunion de l'azote et de l'oxygène. Pour aller plus loin, il suffit de remarquer que la décomposition de l'azotate d'ammoniaque par la chaleur pouvant devenir explosive, il en résulte que cette décomposition dégage de la chaleur. Y est donc une quantité positive (1).

La formation du protoxyde d'azote paraît donc résulter encore du jeu régulier d'une suite d'affinités, telles

(1) On peut conclure de là que X, chaleur de formation du bioxyde d'azote par les éléments, est moindre que 14 500 calories. — En appliquant les mêmes raisonnements à l'azotite d'ammoniaque, on trouve que la décomposition de ce sel en azote et eau dégage au moins 4500 calories.

Digitized by Google

que chacune donne lieu à un dégagement de chaleur et qu'il n'est pas nécessaire de recourir à une hypothèse nouvelle pour se rendre compte de sa formation.

Il est probable qu'il en est de même du coton-poudre, corps dans lequel les éléments de l'acide nitrique s'ajoutent en partie à ceux de l'amidon. Le carbone et l'hydrogène de ce dernier se trouvant en présence de l'oxygène de l'acide, peuvent être brûlés à un moment donné : d'où résulte une décomposition avec combustion interne, et par suite avec dégagement de chaleur.

Même explication pour l'acide picrique $C^{12}H^3(AzO^4)^3O^2$. Il y a dans ce composé une quantité considérable d'oxygène qui tend à détruire l'équilibre et à déterminer la combustion du carbone et de l'hydrogène. Néanmoins, cette quantité n'est pas assez considérable pour brûler tout le carbone, ce qui explique le dépôt de charbon que l'on obtient quand on opère la combustion au fond d'un tube étroit; du reste, il en est de même du coton-poudre quand on opère la combustion en vase clos.

Passons maintenant aux décompositions exothermiques de la seconde espèce. Il y a en effet des cas assez nombreux dans lesquels les principes qui précèdent ne peuvent plus s'appliquer immédiatement et sans discussion : tels sont l'acide formique, en tant que formé d'eau et d'oxyde de carbone; le chlorure d'azote, en tant que formé par ses éléments, etc.

Mais, avant d'entrer dans les détails qui s'appliquent à ces nouveaux exemples, revenons au sucre qui se décompose avec dégagement de chaleur. Vous comprendrez mieux par l'étude de la chaleur produite dans la fermentation toute l'importance de la question que nous agitons, au point de vue de la chimie organique et physiologique.

On peut faire sur la formation du sucre par les éléments diverses hypothèses. Se rattache-t-elle à celle de l'oxalate d'argent ou du chlorure d'azote? autrement dit, le sucre est-il engendré par une suite d'affinités directes ou par une suite d'affinités indirectes?

Voici quelques développements propres à fixer les idées sur le point en discussion.

1° On peut considérer le sucre comme un hydrate de carbone :

$$C^{12}H^{12}O^{12} = C^{12} + 6H^2O^2.$$

Or, 12 équivalents de carbone donnent, en brûlant : $6 \times 94\,000 = 564\,000$; 1 équivalent de sucre donne : 712 000. Pour que la transformation du carbone et de l'eau en sucre puisse avoir lieu, il faudrait donc mettre en jeu autre chose que des affinités directes, fonctionnant avec travail positif; il faut, de toute nécessité, mettre en jeu des forces étrangères ou des réactions intermédiaires pouvant permettre une absorption de chaleur.

2° Autre hypothèse : le sucre résulte de l'association du gaz des marais et de l'acide carbonique :

$$3C^2O^4 + 3C^2H^4 = C^{12}H^{12}O^{12},$$

Dœbereiner prétendait en effet, il y a quarante ans, avoir obtenu du sucre en comprimant un tel mélange dans un système de tubes capillaires; mais il est prouvé aujourd'hui que son expérience est fausse. Nous pouvons comprendre du reste pourquoi elle est irréalisable; car il n'y a que 630 000 calories dégagées dans la combustion du système ci-dessus, au lieu de 712 000, qui répondent au sucre.

Puisque la quantité de chaleur dégagée par la combustion de ces gaz est moindre que celle du sucre, on peut en conclure qu'ils sont incapables de lui donner naissance directement.

3° Le sucre se dédouble dans la fermentation, en alcool et en acide carbonique :

$$2C^2O^4 + 2C^4H^6O^2.$$

Or, on a vu que ce dédoublement s'effectue avec dégagement de chaleur; dès lors, l'acide carbonique et l'alcool ne peuvent reproduire seuls le sucre, par leur union directe et immédiate ou par une suite de réactions effectuées avec dégagement de chaleur.

4° Voici au contraire un système qui pourrait conduire au but désiré; c'est un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène :

$$6C^2O^2 + 6H^2 = C^{12}H^{12}O^{12};$$

en effet, la combustion de ces éléments donne :

$$2 \times 6 \times 69\,000 = 828\,000 \text{ calories.}$$

On conçoit donc la possibilité de faire du sucre avec un tel mélange. Ce résultat est d'autant plus curieux à connaître, que la nature semble employer un moyen analogue pour produire le sucre. En effet, elle opère sur l'acide carbonique et l'eau, désoxydés sous l'influence de la lumière dans les végétaux. Or, on peut admettre que lorsque l'acide carbonique et l'eau sont décomposés, le premier se résout en oxyde de carbone et oxygène, le second en oxygène et hydrogène; enfin que l'oxyde de carbone et l'hydrogène, réagissant à l'état naissant, produisent un composé qui serait le sucre, ou bien encore un hydrate de carbone, tel que le ligneux ou l'amidon :

5° On peut encore arriver au même résultat théorique, c'est-à-dire à la même possibilité, en partant de l'acide formique et de l'hydrogène :

$$6C^2H^2O^4 + 6H^2 - 6H^2O^2 = C^{12}H^{12}O^{12}.$$

Ce système, en effet, dégage 980 000 calories.

Ces développements montrent l'usage que l'on peut faire de ces notions à l'interprétation de la synthèse des composés organiques par l'art ou par la nature.

Il résulte des notions qui ont été développées que la chaleur qui se dégage lors de la décomposition de certaines substances minérales ou organiques provient de l'action réciproque entre les éléments des corps qui se sont formés par une série de réactions, résultant du jeu normal des affinités.

C'est ainsi que nous sommes arrivés à la formation

Digitized by Google

d'un sel tel que l'oxalate d'argent, que l'on peut considérer, au point de vue qui nous occupe, comme formé de deux parties, l'une comburante, l'autre combustible, le tout pouvant se détruire avec combustion interne et dégagement de chaleur.

La même explication s'applique à tout autre système formé par le jeu directe des affinités, tels que les composés nitriques.

Mais pour d'autres corps qui se détruisent avec dégagement de chaleur, tels que le chlorure d'azote, il faut avoir recours à des considérations nouvelles qui ont trait à une certaine disposition des molécules entre elles.

Les produits de la décomposition du chlorure d'azote sont : $Az + Cl^3$, il s'agit de savoir comment ces deux éléments peuvent s'associer avec absorption de chaleur.

Or, l'association des éléments pour constituer les corps de cette nature se fait le plus souvent indirectement, comme dans le cas des éthers, des chlorures acides, des acides doubles, etc.

L'éther ordinaire, par exemple, résulte de l'association de deux molécules d'alcool.

$$C^4H^6O^2 + C^4H^6O^2 - H^2O^2.$$

Une telle combinaison ne peut guère se faire directement ; car elle donne lieu à une absorption de chaleur considérable, comme nous l'établirons. Il en est de même des éthers mixtes de Williamson.

$$C^4H^6O^2 + C^2H^4O^2 - H^2O^2.$$

On sait que ces corps ne peuvent prendre naissance directement : c'est que leur formation exige une absorption de chaleur.

Il en est de même des chlorures acides :

$$C^4H^4O^4 + HCl - H^2O^2 = C^4H^3ClO^2.$$

Ces corps se décomposent au contact de l'eau avec dégagement de chaleur. D'où il suit que leur formation, en sens inverse, représente une réaction endothermique; on ne peut donc guère les considérer comme formés par l'association directe de leurs composants.

Comment dès lors ces corps prennent-ils naissance? A ce point de vue, on peut diviser les combinaisons chimiques en deux classes, celles qui ont lieu en raison d'un travail positif des affinités, c'est-à-dire avec dégagement de chaleur, et celles qui exigent un travail négatif, ou si l'on veut, qui se produisent avec absorption de chaleur. La réciproque du reste est également vraie : si les éléments d'un corps pour le former exécutent un certain travail positif, c'est-à-dire produisent un dégagement de chaleur, il faudra précisément absorber la même quantité de chaleur pour amener la décomposition.

Les corps de la première classe se forment directement ; l'eau en se formant développe un travail positif, les molécules de l'oxygène et de l'hydrogène se rapprochant avec dégagement de chaleur. Il en est de même de la combinaison de l'oxygène avec les métaux, de celle de l'hydrogène avec le chlore, etc.

Ceux de la deuxième classe absorbent de la chaleur en se formant et réciproquement, quand on les décompose, ils dégagent cette même quantité de chaleur. On peut considérer ces corps comme des espèces de ressorts tendus, produits en vertu de mouvements moléculaires particuliers qui absorbent de la chaleur. Mais cette chaleur n'est pas absorbée par le simple rapprochement de molécules; elle répond à certaines dispositions spéciales.

Ici donc, il y a quelque chose de singulier auquel on n'est pas accoutumé, surtout quand il s'agit de composés gazeux; car il semble que dans les gaz parfaits, il ne devrait y avoir aucune dépendance mutuelle entre les molécules.

Il y a là sans doute une disposition spéciale qui rappelle celle qui préside au pouvoir rotatoire des corps ; On sait, en effet, qu'un grand nombre de corps présentent à l'état gazeux, le pouvoir rotatoire qu'ils possèdent, à l'état liquide ou même solide, comme l'a fait voir M. Gernez pour l'essence de térébenthine, le camphre. Mais revenons au chlorure d'azote.

Ce corps, avons-nous dit, ne peut guère se former par le seul jeu des affinités; pour qu'une telle combinaison ait lieu, il faut faire intervenir des corps auxiliaires qui effectuent en quelque sorte, par leurs actions réciproques, le travail nécessaire à la production de ce chlorure.

Ce n'est pas à dire qu'il ne soit nécessaire dans les combinaisons directes de faire intervenir souvent divers agents auxiliaires. Par exemple, dans la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène, il faut élever la température jusqu'à un certain point, ou approcher une allumette enflammée pour amener la combustion; mais ce qu'il importe de remarquer, c'est que le travail de l'allumette ne sert qu'à commencer l'action, que ce travail initial peut être rendu aussi petit qu'on le voudra, comparativement au travail total; c'est une cause déterminante et non efficiente.

Au contraire, dans le cas de la combinaison indirecte, telle que celle du chlore et de l'azote, l'agent qui intervient fait à lui seul tout le travail. Mais ici on peut faire intervenir soit une action physique, soit une action chimique.

Commençons par l'examen des agents physiques, capables de produire de tels effets, et débutons par la lumière.

Dr BOURGOIN, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

*En vente aujourd'hui :*

LA SCIENCE ET LES SAVANTS EN 1865, premier semestre, par M. VICTOR MEUNIER. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

Le volume consacré au second semestre paraîtra le 1er janvier prochain.

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 35. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 29 JUILLET 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

FACULTÉ DE MÉDECINE. — **Conférences historiques.** — **M. Béclard :** Harvey.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot :** Des réactions endothermiques et exothermiques (fin).

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages :** II. Principes de la théorie d'Agassiz; de l'espèce.

---

### FACULTÉ DE MÉDECINE.

### CONFÉRENCES HISTORIQUES.

M. BÉCLARD, PROFESSEUR.

#### Harvey.

J'ai à vous entretenir aujourd'hui de l'un des plus grands esprits qu'ait vus naître l'Angleterre, de l'une des gloires les plus éclatantes et les plus pures du XVIIe siècle, qui a pourtant compté tant de grands hommes.

Au nom de Harvey, se rattache une grande époque, non pas seulement dans l'histoire de la médecine, mais dans l'histoire des progrès de l'esprit humain. Le principe d'autorité qui, dans l'ordre des sciences, n'est qu'un principe d'erreur, venait d'être vaincu par le génie de Galilée.

La philosophie expérimentale, dont l'immortel physicien de Pise peut être à bon droit considéré comme le créateur, allait rencontrer dans le domaine de la physiologie un de ses interprètes les plus éminents.

Guillaume Harvey, ou plutôt Williams Harvey, car nous avons francisé son nom, est né le 1er avril 1578, à Folkestone, petit port sur la Manche, aujourd'hui l'une des têtes de ligne de chemin de fer qui relient l'Angleterre avec le continent. Harvey était l'aîné de deux sœurs et de six frères, qui vécurent étroitement unis dans une association commerciale, et qui réalisèrent une grande fortune.

On voyait encore, il y a quelques années, dans la petite église de Folkestone, et l'on voit sans doute encore aujourd'hui, la pierre tumulaire qui recouvre les restes de la mère de Harvey. Sur cette pierre, messieurs, on peut lire l'inscription suivante que je traduis :

« Le 8 novembre 1605, est morte, dans la cinquantième année de son âge, Jeanne, femme de Thomas Harvey, mère de sept fils et de deux filles; épouse chaste et bonne, voisine charitable et indulgente, d'une humeur égale et douce; ménagère économe et prévoyante, adorée de son mari, révérée de ses enfants, chère à ses amis, [illegible] de Dieu. Son âme repose dans le ciel, son corps sous cette pierr[illegible]

Voilà, messieurs, un beau portrait moral. Les v[illegible] r lui, de sa mère, Harvey les posséda toutes; aussi fut-il g[illegible] sang non pas seulement par le talent, mais encore p[illegible] ganc[illegible] u lieu caractère.

A l'âge de dix ans, Harvey fut envoyé à l'écol[illegible] ntri- Canterbury où il commença ses études; il les ach[illegible] im- plus tard à l'université de Cambridge. Ayant termi[illegible] u- son éducation, il décida qu'il serait médecin, et, suivant l'usage du temps, il passa sur le continent pour se rendre en Italie dont les écoles médicales étaient alors célèbres dans toute l'Europe.

C'est à Padoue qu'il se fixa, et vous allez comprendre ce choix. Fabrice d'Acquapendente y professait l'anatomie, Fabrice d'Acquapendente, l'illustre successeur de Fallope; Casserius y professait la chirurgie, et un homme qui jouissait alors d'une très-grande réputation, mais dont le souvenir devait bientôt s'éteindre comme celui de tous ceux qui ne laissent rien après eux, Minadous, professait la médecine pratique.

Après un séjour de cinq années en Italie, Harvey



Digitized by Google

revint en Angleterre, se fit graduer à Cambridge, et retourna enfin à Londres, où il se maria. Il avait alors vingt-six ans. Il y épousa la fille d'un praticien très-répandu, Lancelot Brown. Sa femme ne lui donna jamais d'enfants.

C'est à peu près à cette même époque que Harvey fut attaché, en qualité de médecin adjoint, à l'hôpital Saint-Barthélemy de Londres. Le médecin en chef, le docteur Wilkinson étant mort dans le courant de la même année, Harvey fut d'abord chargé de l'intérim, et, bientôt après, nommé à l'office vacant en qualité de médecin en chef.

A partir de ce moment, Harvey commença l'exercice pratique de la médecine dans la ville de Londres. Il paraît avoir eu, dès le principe, au nombre de ses clients, les hommes les plus considérables de la Grande-Bretagne, et, en particulier, sir Thomas Howard, comte d'Arundel, qui lui porta toujours une vive affection.

Il compta aussi au nombre de ses clients l'illustre chancelier Bacon, qui jouissait d'une grande influence en Angleterre et qui très-probablement ne fut pas étranger à la nomination de Harvey au poste de médecin extraordinaire du roi Jacques Ier, le fils de Marie Stuart.

Harvey conserva les mêmes fonctions auprès du fils aîné et successeur du roi Jacques, l'infortuné Charles Ier, de tragique mémoire. Plein d'estime pour la science et le caractère de son médecin, Charles devait plus tard mettre gracieusement à la disposition de Harvey, pour ses expériences, les animaux nombreux et variés renfermés dans le parc de Windsor.

Messieurs, je passe rapidement sur les commencements de Harvey, et j'arrive tout de suite au point qui nous intéresse plus spécialement. C'est en l'année 1615 que Harvey, alors âgé de trente-sept ans, fut choisi par le Collége des médecins de Londres, auquel il appartenait depuis plusieurs années, pour faire dans son sein ce qu'on appelle en Angleterre des *lectures* publiques sur l'anatomie et la physiologie.

C'est au mois d'avril de cette même année 1615 que Harvey commença devant un nombreux et illustre auditoire, l'exposition de ses vues nouvelles sur la circulation du sang. Durant le cours des années qui suivirent, la circulation fut également le sujet de ses lectures sur l'anatomie.

Enfin, après plus de quatorze années de travaux, d'enseignement, de méditations, de recherches et d'expériences, parut le livre célèbre qui devait rendre son nom immortel : « *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus.* »

Ce livre, comme l'a très-bien dit M. Flourens dans sa remarquable *Histoire de la découverte de la circulation*, est un véritable chef-d'œuvre; non pas seulement parce qu'il renferme la plus belle découverte de la physiologie, mais encore et surtout par la manière dont cette découverte est présentée. Messieurs, il faut bien le dire, ce livre fut pour Harvey la source des déceptions les plus amères. Savez-vous quel en fut le résultat le plus immédiat? Ce fut la désertion de presque tous ses malades. La hardiesse de Harvey, en effet, était grande. Que cherchait-il à démontrer? Il cherchait à prouver qu'une doctrine consacrée par plus de quatorze siècles d'existence n'était qu'un tissu d'erreurs.

Pour comprendre combien le livre de Harvey dut paraître étrange et scandaleux aux yeux de ses contemporains, il faut que je vous rappelle en quelques mots quelles étaient alors les idées courantes relativement, je ne dirai pas à la circulation du sang, la circulation n'était pas encore connue et le mot n'était pas encore inventé, mais à ce qu'on pourrait appeler le mouvement du sang dans les vaisseaux.

Les anciens n'avaient que des notions tout à fait incomplètes et fort obscures sur ce grand phénomène.

Sur la foi de Démocrite, d'Érasistrate, de Praxagore et de quelques autres, on a cru pendant longtemps que le système des artères était un système parfaitement distinct du système des veines; que les artères étaient en rapport, non pas avec la circulation du sang, mais avec la circulation de l'air, qu'on leur faisait puiser dans les poumons.

On avait vu dans le cadavre les artères vides de sang, et l'on en avait tiré cette conclusion que les vaisseaux de cet ordre étaient remplis d'air : de là le nom d'*artères* qui leur fut donné et qui leur est resté.

En ce qui concerne le mouvement du sang dans le système des veines, les anciens s'en faisaient une très-fausse idée. Ils supposaient que le sang était animé dans les canaux qui le contiennent par une sorte d'oscillation ou de mouvement de va-et-vient en relation avec les mouvements de l'inspiration et de l'expiration. Il faut arriver jusqu'à Galien pour avoir une théorie raisonnée de la circulation; théorie qui a résisté pendant quatorze siècles, et qui n'est tombée que devant l'évidence de la doctrine harveyenne.

Pourquoi cette théorie a-t-elle résisté aussi longtemps? Parce que, dans Galien, tout s'enchaîne et s'harmonise. Avant d'être médecin, Galien, fils d'un riche architecte de Pergame, avait étudié avec succès les mathématiques, aussi lorsqu'il aborda l'étude des sciences médicales, il y apporta des habitudes d'esprit qui donnèrent à toutes ses conceptions le cachet de la logique la plus séduisante. Quel était donc pour Galien le mouvement du sang dans les vaisseaux? Quelle idée s'en fait-il?

Je dois d'abord vous rappeler, messieurs, que Galien avait ajouté quelque chose aux connaissances de ses prédécesseurs. Il avait pratiqué de nombreuses dissections; il avait vu que dans les artères il y a aussi du sang. Il savait que dans les cadavres, les artères paraissent vides; mais en opérant sur des animaux vivants, il avait constaté qu'elles contenaient du sang.

De là, messieurs, la doctrine de Galien. Je ne puis que vous en donner un aperçu; car si je voulais entrer dans tous les détails, cette leçon y suffirait à peine. Pour

Digitized by Google

Galien, comme pour tous ceux qui l'ont suivi, il y a deux sortes ou deux qualités de sang : le sang contenu dans les veines et le sang contenu dans les artères. Si vous l'aimez mieux, il y a deux systèmes circulatoires : le système circulatoire des artères et le système circulatoire des veines.

Où se forme le sang? Il se forme dans un seul organe, le foie. Du foie il se répand dans toutes les parties de l'économie, où il porte les matériaux de la nutrition. Par quelle voie? Pour les parties inférieures du corps, par la veine cave inférieure et la veine porte; et pour les parties supérieures du corps, par l'oreillette droite. Comment cela? Le voici : L'oreillette droite reçoit le sang que lui apporte le tronçon supérieur de la veine cave inférieure, ainsi que le sang des veines sus-hépatiques. Le sang qu'a reçu l'oreillette droite, elle le distribue dans les parties supérieures du corps. Par quel vaisseau? par la veine cave supérieure.

Mais ce n'est pas tout. Galien, je vous l'ai dit, avait vu du sang dans les artères. D'où vient ce sang? par où passe-t-il dans les artères? quelle est son origine? quelle est sa destination?

C'est ici, messieurs, que Galien imagine : il ne sait comment faire naître le sang dans les artères, et alors il invente toute une physiologie. Il suppose que la cloison interventriculaire est, non pas perforée, comme on le lui fait dire quelquefois, mais qu'elle est suffisamment poreuse pour laisser passer, non pas tout le sang, mais une partie du sang, ce qu'il appelle la partie ténue et subtile du sang.

Aussi, suivant Galien, le sang contenu dans les artères n'a pas les mêmes qualités que le sang qui est contenu dans les veines. C'est pendant son passage à travers la cloison qui sépare le ventricule droit du ventricule gauche, que le sang, venu du foie au cœur, éprouve une modification qui le transforme. Aussi, dans la pensée de Galien, les deux sangs n'ont pas la même destination.

Le sang parti du foie, et qui se dirige vers les organes par les veines, est destiné à la nutrition. Le sang artériel, c'est-à-dire le sang hépatique modifié par le cœur, se dirige du cœur aux parties par l'intermédiaire des artères; il a pour unique usage de porter partout le mouvement, la chaleur et la vie.

Telle est, messieurs, la doctrine de Galien, doctrine complète, bien déduite, bien enchaînée, comme on le voit, quoiqu'elle repose sur une erreur manifeste. En effet, les anatomistes du XVIe siècle démontrèrent aisément que Galien s'était trompé, que la cloison interventriculaire n'a ni pores, ni ouvertures d'aucune sorte et qu'elle constitue une barrière imperméable entre le sang contenu dans les cavités droites et le sang contenu dans les cavités gauches du cœur.

Lorsque Harvey publia son livre et fit connaître au monde sa belle découverte, il lui arriva, messieurs, ce qui a coutume d'arriver aux inventeurs de tous les temps et de tous les pays. On commença par nier obstinément la vérité qu'il apportait. Plus tard, lorsqu'elle fut devenue évidente, lorsqu'il ne fut plus possible de la contester, on chercha à démontrer qu'il n'avait fait que propager, que vulgariser des idées émises longtemps avant lui. Mais la postérité plus équitable a enfin rendu à Harvey la justice qui lui est due. Je me trompe, messieurs, cette justice, du moins parmi nous, n'est pas entière.

Sans doute, dans les sciences rien n'est absolument livré aux élans spontanés du génie. Toute découverte est en quelque sorte préparée par un travail d'enfantement. Semblable à une semence que l'on jette sur la terre, le milieu qui la reçoit doit être préparé pour la rendre féconde. Oui, d'importantes observations avaient été faites depuis Galien; oui, un coin du voile avait été soulevé; mais le fruit n'était pas mûr, comme on l'a dit, et Harvey a fait plus que le cueillir.

Deux faits, deux vérités, si vous aimez mieux, paraissent avoir puissamment contribué à conduire Harvey dans le chemin de la découverte. C'est en première ligne, ainsi que je vous le faisais pressentir il y a un instant, la découverte, ou plutôt la démonstration anatomique de l'imperforation de la cloison qui sépare le ventricule gauche du ventricule droit. Béranger de Carpi paraît avoir osé l'affirmer le premier, contre l'infaillibilité de Galien; plus tard, Vésale devait donner à cette affirmation l'autorité de son nom. Voilà, messieurs, la première vérité. La seconde, c'est la découverte des valvules qui existent dans l'intérieur des veines; découverte faite par le maître, et on peut le dire, par le véritable précurseur de Harvey, par Fabrice d'Acquapendente.

De ces deux faits, le premier conduisit Servet à la découverte de la petite circulation; le second, illuminant le génie de Harvey, lui suggéra vraisemblablement l'idée de la grande.

Servet, a donc connu la petite circulation. Pour lui, comme pour Galien, le sang veineux vient du foie. Le sang des artères vient aussi du foie : c'est dans le foie, l'organe sanguificateur par excellence, qu'il se forme. Mais au lieu de passer directement du ventricule droit dans le ventricule gauche pour gagner les artères, le sang trouvant imperforée la cloison qui sépare le cœur droit du cœur gauche est forcé, pour ainsi dire, de faire un détour; il passe dans l'artère pulmonaire, traverse les poumons et revient au cœur gauche par les veines pulmonaires.

Voilà, messieurs, la petite circulation indiquée pour la première fois. Servet va plus loin. Galien affirmait que le sang se modifie au moment du passage à travers la cloison interventriculaire. Non, dit Servet, c'est pendant son parcours dans l'organe pulmonaire que cette métamorphose s'accomplit.

Après cet éclair de génie, Servet s'arrête : il ne va pas plus loin. Dominé par la théorie de Galien, qu'il vient pourtant de trouver en défaut, il admet toujours deux courants sanguins distincts l'un de l'autre, et tous les deux centrifuges. Le courant veineux qui part du foie et qui porte les matériaux de la nutrition; le courant arté-

Digitized by Google

riel qui part du cœur et qui donne aux organes le mouvement et la vie.

Servet, messieurs, n'était pas Français ; né en Espagne, dans la province d'Aragon, il était venu jeune à Paris, il y avait fait ses études médicales et donné des leçons de mathématiques. Puis il s'était fixé dans une petite ville du Dauphiné située sur les bords du Rhône, à Vienne, où il pratiqua la médecine. C'est là qu'en l'année 1553 Servet publia son fameux livre de controverse religieuse intitulé : *Christianismi restitutio.* C'est dans ce livre que se trouve le passage auquel je faisais allusion tout à l'heure ; passage dans lequel Servet décrit de la manière la plus claire et la plus lucide la petite circulation, c'est-à-dire la circulation pulmonaire.

Vous savez, messieurs, ce qui advint du livre de Servet; comment à l'instigation de Calvin, Servet, qui s'était réfugié en Suisse et qui s'y était caché, fut découvert, saisi et traîné devant les juges qui le condamnèrent, lui et son ouvrage au supplice du feu. Servet mourut dans les flammes, mais son livre fut sauvé. Vous pourrez voir encore aujourd'hui à la Bibliothèque impériale, un exemplaire du livre de Servet sur lequel se trouve marquée la glorieuse trace des flammes. L'ouvrage de Servet fut réimprimé, page pour page, cinquante ans plus tard à Nuremberg. C'est un exemplaire de cette réimpression que possède la bibliothèque de la Faculté de médecine.

Servet, messieurs, fut donc brûlé. Savez-vous quel était son crime? Servet était protestant comme Calvin. Seulement il avait osé attaquer le dogme de la trinité, que la plupart des réformateurs du temps acceptaient. Servet était ce qu'on appellerait de nos jours un protestant *libéral*. Tandis que Calvin appartenait à l'une de ces sectes intolérantes qui se réservent pour elles seules le privilége de l'infaillibilité. Calvin était ce qu'on appellerait aujourd'hui un protestant *orthodoxe*.

Messieurs, je le répète, ce qui a conduit Servet à la découverte de la petite circulation, c'est évidemment la notion, déjà répandue de son temps, de l'imperméabilité de la cloison qui sépare le ventricule droit du ventricule gauche.

Lorsque Servet décrivait la petite circulation, on peut dire qu'il la devinait. Il n'est pas probable, en effet, qu'il ait soumis ses idées à la sanction expérimentale. Cela est d'autant plus vraisemblable, que dans le passage dont je parlais tout à l'heure, c'est avec la même assurance qu'il affirme que les vaisseaux se continuent avec les nerfs, et que l'air pénètre dans l'intérieur des ventricules du cerveau par l'intermédiaire des cavités nasales.

L'idée de Servet s'est aussi présentée à l'esprit de quelques autres anatomistes du XVI^e siècle, qui évidemment ne peuvent avoir eu connaissance de son ouvrage. Le livre de Servet avait été condamné, il avait été brûlé. Les exemplaires sauvés du feu étaient fort rares. D'ailleurs, à cette époque, les communications n'étaient pas ce qu'elles sont aujourd'hui.

Dix ans après la publication de l'ouvrage de Servet, un professeur célèbre de l'université de Padoue, Realdo Colombo et un autre professeur non moins célèbre de l'université de Pise, Césalpin, décrivent la petite circulation à peu près dans les mêmes termes que Servet. C'est même, à cette époque, que l'expression de *circulation* apparaît pour la première fois.

Messieurs, nous touchons ici au point peut-être le plus délicat de notre sujet.

Non-seulement, dit-on, Césalpin aurait bien connu et bien décrit la petite circulation, mais encore on lui attribue la gloire d'avoir indiqué la grande.

M. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, dans son *Histoire naturelle générale des règnes organiques*, attribue nettement à Césalpin la découverte de la grande circulation, et M. Flourens, dans son *Histoire de la découverte de la circulation*, dit en parlant du même Césalpin, j'emploie ses propres expressions : « qu'il a bien vu les deux circulations. » Eh bien, messieurs, malgré ces autorités imposantes je dis : Non! Césalpin n'a ni vu ni connu la grande circulation.

D'autres vont plus loin encore. Plus extrêmes dans leurs opinions, ils prétendent qu'à l'époque où parut Harvey, la notion de la grande circulation était dans tous les esprits, qu'elle était en quelque sorte monnaie courante et qu'on la trouve notamment indiquée dans le grand poëte dramatique de l'Angleterre, dans Shakspeare. Eh bien, je le répète, Césalpin n'a pas connu la grande circulation, et Shakespeare ne la connaissait pas plus que lui lorsqu'il écrivait ses tragédies d'*Henri VI* et de *Jules César*.

Lorsqu'on veut formuler un jugement sur les choses du passé, que faut-il faire? Il faut se reporter en arrière, se retremper, pour ainsi dire, dans les idées du temps : sans quoi le présent nous entoure, nous enveloppe, et il devient, à notre insu, le mobile de nos jugements.

Examinons donc ; et voyons d'abord Césalpin.

Césalpin fut un homme éminent. Il n'était pas seulement médecin, c'était un philosophe des plus distingués et un botaniste non moins célèbre; c'est à lui qu'on doit la première classification botanique fondée sur la forme de la fleur et sur la forme du fruit.

Le passage dans lequel Servet indique la petite circulation est en quelque sorte noyé dans un livre de controverses religieuses; ce n'est pas non plus dans un traité d'anatomie ou dans un traité de physiologie qu'on trouve la fameuse phrase de Césalpin, cette phrase se trouve dans un livre de botanique publié à Florence en 1583, sous ce titre : *De plantis*.

Si nous nous reportons au chapitre II du livre I^er de cet ouvrage, nous y lisons ce qui suit :

« In animalibus videmus alimentum per venas duci ad cor, tanquam ad officinam caloris, et adepta inibi ultima perfectione, per arterias in universum corpus distribui. »

Ce qu'on peut traduire de la manière suivante :

« Nous voyons dans les animaux l'aliment être conduit par les veines

Digitized by Google

au cœur, comme à l'officine de la chaleur, et lorsqu'il a reçu sa dernière perfection, il est distribué dans tout le corps par les artères. »

D'abord, messieurs, vous remarquerez ce mot, *alimentum*. Quelle est pour Césalpin la valeur de cette expression? Il ne le dit pas ici, mais, dans un autre ouvrage, publié dix ans plus tard à Venise sous ce titre : *De questionum medicarum*, nous voyons ce que Césalpin entend par le mot *alimentum;* c'est tout simplement le sang formé dans le foie, le sang qui vient du foie.

Seulement, pour Césalpin, comme pour Servet, comme pour Colombo, le sang formé dans le foie, l'*aliment*, le liquide *qui nourrit*, ne traverse pas la cloison interventriculaire, cette cloison étant imperméable, mais il parcourt le circuit pulmonaire pour se rendre du cœur droit au cœur gauche, et par conséquent dans les artères.

Serait-ce par hasard ce dernier membre de phrase : *Per arterias in universum corpus distribui*, qui renfermerait l'énoncé de la grande circulation telle que nous la concevons aujourd'hui? Mais Colombo dit exactement la même chose que Césalpin : Pourquoi n'attribue-t-on pas à Colombo, qui écrivait avant Césalpin, la découverte de la grande circulation ? Pourquoi? C'est que Colombo ajoute immédiatement : « le sang des artères va aux parties; le sang des veines y va également. Le sang des artères éveille la vie et le mouvement (l'*animation*, pour traduire plus littéralement), tandis que le sang veineux porte dans tous les organes l'aliment nutritif. »

Quant à Césalpin, il n'ajoute rien ; il jette une phrase en passant, et c'est nous qui la complétons avec nos idées d'aujourd'hui.

Césalpin ne dit rien de plus ici, mais dans l'ouvrage dont je parlais tout à l'heure, il parle encore du sang, et nous voyons qu'il en reconnaît de deux sortes comme ses prédécesseurs. Nulle part il n'a l'idée du retour par les veines du sang envoyé par les artères; nulle part l'idée d'un courant continu, ininterrompu, rapide, impliquant la notion du passage du sang du système des artères dans le système des veines, nulle part cette idée ne se fait jour.

Dans un certain passage, Césalpin parle, il est vrai, de l'entrée du sang des artères dans les veines; et c'est encore un des passages invoqués en sa faveur. Mais Galien avait dit la même chose. Pour Césalpin comme pour Galien, cette introduction du sang des artères dans les veines, et réciproquement, n'est qu'un *accident*. Et cet accident, pour Césalpin, quand se produit-il ? Il ne peut se produire que pendant le sommeil.

Il y a dans Césalpin, messieurs, un dernier passage ; celui-ci serait plus démonstratif, si Césalpin avait su en tirer le parti qu'Harvey devait plus tard en tirer lui-même. Césalpin remarque que les veines se gonflent non pas au-dessus, mais au-dessous d'une ligature appliquée sur elles. Mais il n'est pas le premier qui ait fait cette observation, et il ajoute lui-même : « Tous ceux qui ont pratiqué la saignée savent cela. »

Sans doute ils l'ont vu, mais pas plus que Césalpin ils n'ont su en tirer les conséquences. Césalpin croit encore au mouvement de va-et-vient du sang dans les vaisseaux.

Voilà pour Césalpin. Voyons maintenant Shakspeare.

Les passages cités de Shakspeare sont, messieurs, bien plus vagues et bien plus obscurs encore. Il faut, vraiment, que les adversaires de Harvey fussent bien aveuglés par la passion, pour y voir ce qui certainement ne s'y trouve pas contenu.

Dans la première œuvre dramatique de Shakspeare, dans la tragédie d'*Henry VI*, représentée en 1590, voici comment s'exprime Warwick devant le cadavre de Glocester assassiné :

« Observez comme son sang est arrêté dans les veines de son visage. J'ai vu plus d'une fois un corps que venait d'abandonner la vie, mais je l'ai vu de couleur terreuse, amaigri, pâle, vide de son sang, tout entier descendu vers le cœur, qui, dans les assauts que lui livre la mort, attire le sang pour s'en aider contre son ennemi. Il s'y glace en même temps que le cœur, et ne retourne jamais embellir et animer la face des morts.

Dans la tragédie de *Jules César*, représentée quelques années plus tard, en 1607, Brutus dit à Portia :

« Fidèle et chaste épouse, vous m'êtes aussi chère que les gouttes écarlates qui visitent mon triste cœur. »

Messieurs, voilà tout : il n'y a pas dans Shakespeare autre chose. Eh bien ! je vous le demande, un poëte du temps de Galien aurait-il parlé autrement?

Je vous disais tout à l'heure que l'une des découvertes qui avaient plus particulièrement contribué à éclairer les premiers pas de G. Harvey, c'était celle des valvules qui existent dans l'intérieur du système veineux, et j'ajoutais que cette découverte était due à Fabrice d'Acquapendente. On savait bien, avant lui, qu'il y avait des valvules dans le cœur, qu'il en existait aux orifices de séparation des oreillettes et des ventricules ; on avait vu les valvules placées aux orifices de l'artère aorte et de l'artère pulmonaire; on connaissait les valvules incomplètes situées aux embouchures des gros troncs veineux dans l'oreillette droite ; on avait même vu la valvule placée à l'origine de la veine azygos. Mais c'est Fabrice d'Acquapendente qui, le premier, a vu et parfaitement décrit les valvules contenues dans tout l'ensemble du système veineux. Le livre de Fabrice, intitulé *De venarum ostiolis*, parut en 1603.

Fabrice d'Acquapendente a donc connu les valvules, mais il n'en soupçonna pas l'usage. Il partagea la croyance de son temps : à savoir que le cours du sang des veines est centrifuge, c'est-à-dire qu'il se fait du foie vers les organes. Les valvules n'ont dans sa pensée d'autre usage que de modérer, que de retenir, ou d'accélérer, suivant le besoin, le cours du sang contenu dans l'intérieur du système veineux.

La découverte de Fabrice était capitale; aussi n'a-t-il pas manqué de gens qui ont cherché à l'en dépouiller. On a dit que le père Sarpi avait vu les valvules veineuses, qu'il les avait décrites; on a même prétendu que c'est de lui que Fabrice d'Acquapendente avait appris à les connaître.

Digitized by Google

On a dit cela. Mais qui l'a dit? C'est le père Fulgence. Qu'est-ce que le père Fulgence? Le père Fulgence était l'ami, et il fut plus tard le biographe enthousiaste du père Sarpi. Tous les deux appartenaient à un ordre religieux fondé au XIIIe siècle, à Florence, l'ordre des frères Servites, dont les membres professaient une dévotion toute particulière pour la mère de Dieu. Le frère Sarpi, plus connu sous le nom de frère Fra Paolo, est, d'ailleurs, je m'empresse de l'ajouter, un des historiens les plus distingués du XVIe siècle et il eut à subir, comme tant d'autres, les rigueurs du saint-office. Quant à l'ordre des frères Servites, dont les débris existent encore, je crois, en Italie, il est plus généralement connu, parmi nous, sous le nom de blancs-manteaux, à cause du costume que portent ses membres. Peu après sa fondation. il tenta de s'introduire en France, mais il fut presque immédiatement supprimé.

Messieurs, on invoque encore le témoignage de Veslingius (de Padoue) et de J. Walcus, professeur à Leyde, pour dépouiller Fabrice d'Acquapendente de sa belle et grande découverte. Mais tous les deux n'ont fait que répéter les assertions du père Fulgence. M. Flourens a déjà fait justice de toutes ces prétentions; je ne pourrais, messieurs, qu'affaiblir son lumineux plaidoyer.

Au moment où parut le livre de Harvey, la doctrine de Galien, dans ce qu'elle avait d'essentiel, régnait encore en souveraine. On ne croyait plus que le sang filtrait au travers de la cloison interventriculaire, on savait que pour passer du ventricule droit dans le ventricule gauche, il décrivait un circuit à travers les poumons, et que c'est là qu'il change de nature. C'était un grand progrès, mais ce n'était pas là la circulation. On croyait toujours que la direction du sang dans les veines était analogue à la direction du sang dans les artères; que dans les veines, comme dans les artères, c'est des viscères aux parties que le sang se dirige, c'est-à-dire du foie aux organes pour le sang des veines, du cœur aux organes pour le sang des artères : l'un pour nourrir, l'autre pour vivifier.

Voici donc Harvey. Le premier il annonce hautement, clairement, ce grand fait : le sang se dirige du cœur vers les organes par les artères et il revient des organes au cœur par les veines. Et il ne se borne pas à l'annoncer, il le prouve. Harvey s'occupe ensuite des mouvements du cœur. On avait fait du cœur un organe d'aspiration, qui attire en quelque sorte le sang du foie; il démontre que son rôle est précisément contraire; il en fait un organe propulseur; il montre, il prouve, qu'il est l'agent du mouvement dans tout l'ensemble du système; il montre que la contraction des oreillettes est accessoire tandis que la contraction des ventricules est l'essentiel; il étudie le mode de la contraction, son rhythme, l'ordre de succession des mouvements; il constate que la contraction des ventricules est isochrone avec la pulsation des artères, et avec le choc du cœur contre la paroi pectorale.

Puis, et c'est là surtout ce qui devait dans le principe soulever les oppositions les plus vives, tenant compte de la capacité des cavités du cœur, et estimant approximativement la quantité du liquide renfermé dans le système circulatoire, il en conclut que la révolution qui entraîne le sang dans les artères et qui le ramène par les veines doit s'accomplir en un très-court espace de temps, et que par conséquent le sang exécute un mouvement circulaire rapide et incessant. Enfin, empruntant à Aristote une grande image, il compare le sang à l'eau qui circule entre le ciel et la terre. « L'eau, dit-il, tombe sous forme de pluie pour féconder le sol, puis les rayons du soleil la ramènent dans l'atmosphère, sous forme de vapeur; elle s'y condense, et elle retombe de nouveau. De même le sang chassé par le cœur dans les artères porte partout la chaleur et la vie; puis, vicié et refroidi, il retourne vers le cœur qui le renvoie de nouveau vers les organes d'où il était venu. »

Harvey lie les artères, il lie les veines, ou bien il les comprime, ou bien il les ponctionne au-dessus et au-dessous des points oblitérés. Enfin, il assigne aux valvules veineuses leur véritable rôle. Messieurs, tout cela vous est familier, tous ces faits sont d'une évidence palpable; il n'est pas nécessaire de nous y appesantir, non plus que de rappeler les arguments que Harvey crut devoir employer pour convaincre ses contradicteurs. Toute démonstration serait aujourd'hui superflue.

Les vues nouvelles de Harvey, vous devez bien le penser, étaient trop en désaccord avec les idées reçues pour passer sans opposition. La résistance fut vive et opiniâtre : elle descendit quelquefois jusqu'à l'injure.

Le premier adversaire qui entra en lice, fut un jeune médecin qui exerçait dans le Yorkshire, dans la petite ville de Hull. Il se nommait Primerose. Ce Primerose, ainsi que l'indique son nom, était Français d'origine. Il était né à Saint-Jean-d'Angély en Saintonge, et avait fait ses études médicales à Montpellier.

Primerose déclare, dans ce qu'on peut appeler son premier libelle, car il est revenu à la charge au moins quatre fois, il déclare, dis-je, que son opuscule lui a coûté quinze longs jours de travail. Le livre de Harvey, messieurs, était le fruit de quatorze années de recherches, de méditations et d'expériences.

Les anciens, dit Primerose, ne connaissaient pas ce qu'on appelle la circulation, cependant ils guérissaient parfaitement leurs malades. A quoi peut servir cette belle invention? Voilà un argument que sous d'autres formes nous voyons trop souvent se produire dans la science médicale!

Je vous fais grâce, messieurs, des critiques de Primerose : je n'en retiens qu'une seule. Malgré Servet, malgré Colombo, malgré Césalpin, Primerose croit encore à la porosité de la cloison qui sépare les deux ventricules du cœur. Si nous ne la trouvons pas telle, après la mort, dit-il, c'est qu'il ne nous est pas possible de juger sur le cadavre de l'état des parties durant la vie. Et Prime-

Digitized by Google

rose ne songe pas un instant à ouvrir un animal vivant pour soumettre son idée au contrôle de l'expérience.

La guerre était déclarée contre Harvey, lutte ouverte dans laquelle on combattait du moins à visage découvert. Mais Harvey eut à compter avec des ennemis plus dangereux. Une opposition sourde, à peu près universelle, plus hostile et plus malveillante s'organisa de toute part contre lui. Tout le monde ne prenait pas la plume, mais tout le monde disait son mot.

Le second adversaire qui se présenta fut un jeune médecin de Venise; il se nommait Parisanus. Ce Parisanus était élève de l'école de Padoue; c'était un des disciples de Fabrice d'Acquapendente. Il faisait, il faut l'avouer, peu d'honneur à son maître, car il ne connaît pas même les choses dont il parle. Dans son factum il confond sans cesse les valvules auriculo-ventriculaires avec les valvules sigmoïdes.

Quel est son grand argument? Le voici. Si le ventricule gauche était chargé, comme le dit M. Harvey, d'envoyer toute la masse du sang dans les organes pour les nourrir, comment se pourrait-il que le ventricule gauche eût une capacité moindre que le ventricule droit, qui n'a qu'un seul organe à nourrir, le poumon?

Toujours la même erreur, messieurs! Pour Parisanus, le sang veineux se dirige vers les poumons pour les nourrir. Toujours la doctrine de Galien, et la doctrine de Galien tout entière!

Parisanus ose plus encore. Harvey avait dit en excellents termes: «Quand on applique la main sur la poitrine d'un homme, à la région précordiale, on sent un choc; quand on y applique l'oreille, on entend des bruits.» Savez-vous ce que répond Parisanus? « A Londres, c'est possible, dit-il cavalièrement; mais en Italie, c'est autre chose : il paraît que nous sommes un peu sourds, car ici nous n'entendons absolument rien. »

Mais voici, messieurs, un adversaire plus sérieux; je veux parler du prince des anatomistes, comme on l'appelait en France, de Riolan; Riolan, dont notre distingué collègue, M. Lefort, vous a tracé un si piquant portrait; Riolan, le seul de ses contradicteurs que Harvey ait honoré d'une réponse.

Riolan, le jeune, comme on l'appelait pour le distinguer de son père, était, dit Sprengel, un homme vaniteux, grossier et querelleur. J'aime mieux le portrait qu'en fait Gui Patin, bien qu'il ne soit peut-être pas tout à fait impartial, car Gui Patin était son ami, car il était comme lui l'adversaire passionné de toutes les nouveautés, car enfin Gui Patin était son suppléant à la faculté de médecine et il devait lui succéder dans ses fonctions de doyen.

Voici ce qu'en dit Gui Patin : « Riolan était un fort bon homme — ce n'est pas tout à fait la même chose — qui aurait voulu que tout le monde écrivît contre lui. » A ce compte, messieurs, Riolan dut s'estimer heureux le jour où Harvey, qui n'était pas tout le monde, et qui n'avait encore répondu à personne, prit la plume pour se défendre. Ce qui est piquant, messieurs, c'est que quelques années auparavant, Riolan, qui était médecin de Marie de Médicis, avait accompagné sa royale cliente dans un voyage en Angleterre. Marie de Médicis allait visiter sa fille Henriette, l'épouse infortunée de Charles Ier. Riolan avait été mis en rapport avec Harvey, et celui-ci lui avait fait part de ses vues nouvelles sur la circulation du sang. Si nous en croyons les historiens de Harvey, Riolan, à cette époque, n'avait rien trouvé à lui répondre.

Voici, messieurs, comment débute Riolan dans une de ses *notationes*, car il prit deux fois la plume; la première fois contre l'ouvrage de Harvey, et la seconde pour répondre à la réplique de Harvey :

« Laudo tuum inventum de circulatione sanguinis, tuam industriam, » et ingenii subtilitatem in eo probando : sed pace tuâ dicam, multa te » proposuisse *absurda*, pluraque *falsa*. » — « J'admire ton invention de la circulation du sang, l'industrie et la subtilité ingénieuse que tu as déployées pour la démontrer; mais je te dirai, pour ta gouverne, que tu as cherché à prouver beaucoup de choses absurdes et un plus grand nombre de fausses. »

*Falsa*, passe encore, pour un adversaire convaincu; mais, *absurda* dépasse, vous l'avouerez, la mesure. Quand on a recours à de pareilles expressions, il est bien rare qu'on ait raison.

Puis, Riolan insiste sur les difficultés de l'observation. Le mouvement du cœur, dit-il, «*quasi fulgure sese in conspectum exhibet.* » *Quasi fulgure!* comme l'éclair! et il répète avec Fracastor: «*Soli Deo motum cordis cognitum est.*» — «Les mouvements du cœur sont connus de Dieu seul!» C'est, ce qu'on ne pourrait plus dire aujourd'hui. Grâce à MM. Chauveau et Marey, les physiologistes sont en possession du cardiographe, appareil qui enregistre, en les amplifiant, les mouvements du cœur, et à l'aide duquel le cœur écrit, pour ainsi dire, sous les yeux de l'observateur, sa propre histoire.

Non-seulement Riolan nie la grande circulation, il fait plus. Retranché sous l'autorité de Galien, de même que Parisanus dont il se moque, il nie la petite circulation, que tout le monde admettait à cette époque.

Messieurs, j'aurais voulu vous faire connaître d'autres objections de Riolan, mais le temps nous presse; d'ailleurs, sa polémique est connue, et cette revue rétrospective ferait peu d'honneur à un homme qui eut pourtant du mérite. Poussé à bout par une des expériences les plus démonstratives de Harvey, et en quelque sorte vaincu par l'évidence, savez-vous ce qu'il répond? « Non, le sang ne circule pas, si ce n'est par accident. »—«*Non* » *circulatur nisi per accidens.* »

Voilà, messieurs, où l'on arrive quand on ferme aveuglement les yeux à la lumière. Il y a encore de nos jours plus de Riolans qu'on ne pense.

Parmi les adversaires passionnés de Harvey, je vous citais tout à l'heure le nom de Gui Patin. C'est une étrange figure, messieurs, que celle du successeur de Riolan. Esprit vif, incisif, pénétrant, mais entier dans ses opinions, mais passionné jusqu'à l'injustice, Gui Patin, messieurs, serait l'écrivain le plus spirituel peut-

Digitized by Google

être de la médecine, si nous n'avions pas Rabelais. Vous savez qu'avant d'être titulaire de l'abbaye de Saint-Maur, qu'avant de devenir curé de Meudon, ce curé de joyeuse mémoire que vous connaissez tous, Rabelais, fils d'un apothicaire, avait étudié la médecine à la faculté de Montpellier. Il y avait même commencé l'exercice de son art. Quelques années plus tard, on l'avait député auprès du chancelier Duprat, pour solliciter le maintien de quelques priviléges menacés. Satisfaite du résultat de sa mission, la faculté de Montpellier, avait décidé, à son retour, qu'à l'avenir tous les candidats qui prendraient leurs grades, se revêtiraient, pour subir leur thèse, de la robe de Rabelais.

Mais revenons à Gui Patin; Gui Patin, l'ennemi juré de l'antimoine, qui, dit-il, a tué plus de gens que n'a fait le roi de Suède dans toutes ses campagnes d'Allemagne (et notez, je vous prie, qu'il s'agit de Gustave-Adolphe et de la guerre de trente ans), Gui Patin, l'ennemi des jésuites, l'ennemi des apothicaires, l'ennemi surtout de Mazarin, ce grand coupeur de bourses, comme il l'appelle quelque part.

On pourrait, messieurs, appliquer à Gui Patin les paroles que Molière met dans la bouche du médecin, dans le *Malade imaginaire :* « Ce qui me plaît en lui, dit Diafoirus, et ce en quoi il suit mon exemple, c'est qu'il s'attache aveuglément aux opinions de nos anciens, et qu'il n'a jamais voulu comprendre ni écouter les raisons et les expériences touchant la circulation du sang et autres opinions de même farine. »

Gui Patin ne manque pas une occasion quand il s'agit de décocher un trait contre la circulation et contre les *circulateurs*, comme il les appelle. Mais il ne rencontre pas une bonne raison, et, malgré tout son esprit, ses plaisanteries ne sont que des impertinences.

Le ridicule, en France surtout, vous le savez mieux que personne, est une arme terrible, mais à une condition, c'est que le trait porte juste; quand il tombe à faux, il ricoche, et c'est sur le plaisant maladroit qu'il retombe. Heureusement pour Gui Patin, qu'il a été l'un des créateurs du genre épistolaire, et que l'écrivain a sauvé le médecin.

Messieurs, si le temps me l'eut permis, je vous aurais parlé de l'opposition que les doctrines de Harvey devaient aussi rencontrer en Allemagne, en la personne d'un célèbre professeur d'Altorf, Gaspard Hoffmann, natif de Gotha. Hoffmann croyait à l'imperméabilité de la cloison interventriculaire et par conséquent à la petite circulation, mais il refusa toujours de croire à la grande, même après les expériences les plus démonstratives faites devant lui par Harvey en personne. C'était en 1636. Harvey accompagnait alors le comte d'Arundel, chargé d'une mission extraordinaire auprès de l'empereur d'Allemagne Ferdinand II.

L'opposition de Gaspard Hoffmann n'empêcha pas la doctrine de Harvey de se répandre rapidement sur le continent, grâce à l'appui que lui prêta Jean Rolfink, professeur de l'école d'Yena, et le plus habile, dit-on, des anatomistes de son temps. Plempius, professeur à Louvain, et qui s'était d'abord déclaré l'adversaire de la théorie de la circulation, se rendit enfin à l'évidence en 1652, et cédant à l'ascendant de la vérité, passa publiquement au nombre des défenseurs de la nouvelle doctrine.

Parmi nous, Gassendi, qui aurait mieux fait de garder le silence sur des matières qu'il n'était pas en état de juger, prit la plume contre Harvey. En revanche, Harvey devait trouver pour le défendre le plus grand esprit français du XVII^e siècle, René Descartes.

Je ne parle, messieurs, que des partisans et des adversaires les plus illustres. Enfin, toute cette agitation se calma peu à peu, et Harvey vécut assez longtemps pour voir, de son vivant, ses idées sur la circulation à peu près universellement adoptées. Je dis, à peu près, car il y eut pendant près d'un demi-siècle encore, quelques rares opposants.

Cinq années après la mort de Harvey, sa doctrine devait d'ailleurs recevoir son complément le plus éclatant. Malpighi, à l'aide du microscope que venait d'inventer le physicien hollandais Jansen, découvrait les vaisseaux capillaires et constatait le passage direct du sang des artères dans les veines.

Tandis qu'Harvey poursuivait la démonstration de sa découverte, de grands changements étaient survenus. La révolution, commencée dans la sphère religieuse, s'accomplissait alors dans l'état politique et social de l'Angleterre. Au régime ancien succédait un régime nouveau, qui devait commencer, il est vrai, par la dictature militaire, mais qui devait se terminer par la liberté. Harvey donna un grand exemple, trop rare dans tous les temps, et qu'on ne saurait entourer de trop de respect et d'admiration, l'exemple de la fidélité à ses convictions, l'exemple d'une reconnaissance inaltérable pour celui qui l'avait élevé et comblé de ses bienfaits. Sa bibliothèque pillée, sa maison dévastée, ses papiers détruits, sa fortune anéantie, rien ne put ébranler sa grande âme.

Le roi mort et la ruine de Harvey consommée, il se retira chez ses frères, dont le commerce avait prospéré, et qui, par d'heureuses spéculations, lui reconstituèrent une fortune. Il en fit un noble usage : il en consacra la plus grande partie à faire élever un beau bâtiment destiné à recevoir les collections et la bibliothèque du collége des médecins de Londres.

A la Saint-Michel de l'année qui suivit celle où l'on avait inauguré les nouvelles salles érigées aux frais de Harvey, les membres du collége des médecins de Londres, voulant lui témoigner leur reconnaissance, le choisirent à l'unanimité pour être leur président. Harvey avait alors soixante-seize ans. Lorsque la députation chargée de lui annoncer le résultat de son élection se présenta chez lui, voici ce qu'il répondit :

« Je vous remercie, messieurs de l'insigne honneur que vous avez bien voulu me faire; mais c'est un trop

Digitized by Google

lourd fardeau pour un vieillard. J'ai trop à cœur la prospérité du grand corps auquel je m'honore d'appartenir, pour la laisser péricliter entre mes mains. » Et il terminait en désignant à leurs suffrages celui qu'il en jugeait le plus digne. Voilà, messieurs, un beau trait, qui n'a pas toujours trouvé des imitateurs.

C'est à cette époque, pendant les loisirs que lui laissèrent la mort du roi Charles Ier, que Harvey publia le second de ses ouvrages; je veux parler de son livre sur la génération. Cet ouvrage porte, il est vrai, le cachet de l'époque à laquelle il fut écrit; on y trouve néanmoins des vues marquées au coin de l'homme de génie.

Harvey ne voulait pas faire imprimer ce livre; il sentait tout ce qu'il avait d'imparfait. Il ne céda qu'aux sollicitations du docteur Ent, son élève et son ami, qui lui enleva pour ainsi dire le manuscrit, et se chargea de l'impression et de la correction des épreuves. Ent nous a conservé le récit de sa visite. Les paroles du grand homme sont empreintes d'une profonde amertume.

« Pourquoi, dit Harvey, voulez-vous me faire quitter le port tranquille où j'ai désormais abrité ma vie? Qu'ai-je besoin de me lancer de nouveau sur une mer perfide. L'orage ne m'a-t-il pas assez frappé de ses coups? Laissez-moi passer les jours qui me restent à vivre dans un repos que j'ai assez chèrement acheté. »

Cependant Ent emporta le manuscrit, et mit une telle diligence dans l'impression, que l'ouvrage parut à la fin de la même année.

Messieurs, dans le cours de cet entretien, j'ai déjà eu l'occasion de vous montrer le caractère élevé de Harvey; un mot encore sur sa personne. John Aubrey, qui fut son contemporain, nous apprend que Harvey était petit de taille, qu'il avait les cheveux très-noirs, le teint olivâtre et les yeux pleins de feu. A soixante ans, sa chevelure, toujours abondante, était devenue blanche comme la neige. Harvey devait, ce me semble, avoir quelque ressemblance avec un savant et spirituel professeur de cette école que beaucoup d'entre vous ont connu, et dont la mansuétude dans les examens était proverbiale : M. le professeur Duméril.

Harvey paraît n'avoir eu qu'une profonde indifférence pour toutes les distinctions humaines : j'entends pour leurs signes extérieurs. Au temps de sa plus grande faveur, il ne voulut pas qu'on attachât à son nom un de ces titres qu'on briguait à cette époque. Il est vrai, messieurs, que Harvey était assez grand pour s'en passer.

Harvey eut cependant une grande passion, ce fut celle du café. Il y a, dans son testament, un article spécial pour sa cafetière. Il la lègue à son frère Eliab, en souvenir, dit-il, des moments heureux qu'ils ont souvent passés ensemble à en vider le contenu.

Harvey paraît avoir conservé, jusqu'à son dernier jour, l'intégrité et la plénitude de ses facultés intellectuelles. Le 3 juin de l'année 1657, étant dans la quatre-vingtième année de son âge, il s'aperçut au réveil qu'il avait perdu l'usage de la parole. Il fit venir près de son lit ses frères et ses neveux et il leur donna à chacun un souvenir. Puis, la paralysie ayant fait des progrès, il s'éteignit doucement dans la soirée du même jour, « la maladie, dit Aubrey, lui ayant donné un passe-port commode ».

Son corps fut transporté dans l'un des grands cimetières situés dans le voisinage de Londres, à Hampstead, où il se trouve encore.

Ainsi s'éteignit une des plus brillantes étoiles de la grande époque qui a engendré la nôtre. Dans l'avenir, notre siècle aussi sera grand, messieurs, bien moins par les prodiges déjà réalisés dans le domaine de la science, que par ceux qu'il prépare au siècle qui le suivra. Et, quand je parle, messieurs, des promesses de la science, ne croyez pas que ce soit un vain rêve. Grâce à la méthode expérimentale, dont Harvey a été un des premiers initiateurs, tout progrès accompli en prépare un autre. C'est une chaîne dont les premiers anneaux sont dans nos mains, et dont les derniers se dérobent à nos regards.

J. Béclard.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### X, XI, XII.

**Réactions endothermiques et exothermiques. (Fin).**

*Lumière.* — Soit, par exemple, la formation de l'essence de térébenthine avec l'acide carbonique et l'eau, telle qu'on peut la concevoir dans les végétaux.

$$10\,C^2O^4 + 8\,H^2O^2 = C^{20}H^{16} + O^{56}.$$

| | | |
|---|---|---|
| 1° | $C^2O^4$ dégage 94 000 calories... $10\,C^2O^4$. | 940 000 |
| 2° | $8\,H^2O^2 = 8\,H^2 + 8O^2$ dégagent..... | 552 000 |
| | Total..... | 1 492 000 |

Tel est le travail nécessaire pour former l'essence de térébenthine avec l'acide carbonique et l'eau, en admettant que le carbone et l'hydrogène, par leur combinaison, ne dégagent qu'une quantité de chaleur négligeable, ce qui est sensiblement vrai. Or, ce travail paraît être effectué par la lumière sous l'influence des organes des plantes. Quant à la manière dont la lumière agit, elle nous est encore totalement inconnue, mais c'est déjà beaucoup que de pouvoir mesurer un tel travail.

Il faut distinguer cet effet de la lumière de celui qu'elle produit lorsqu'elle détermine une combinaison exothermique, celle de l'hydrogène et du chlore par exemple : ici, la lumière ne joue qu'un rôle accessoire, elle est la cause déterminante, mais non la

(1) Voyez les nos 27, 28, 29, 30, 32, 33 et 34; et pour le cours du premier semestre, les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

Digitized by Google

cause efficiente de la réaction; elle joue en un mot un rôle analogue à celui d'une allumette qui servirait à incendier un bûcher, la réaction se produit avec dégagement de chaleur, et c'est cette chaleur produite primitivement qui agit sur les molécules encore non combinées pour propager l'action.

Ces notions s'appliquent aux tentatives qui ont été faites pour mesurer l'action photo-chimique de la lumière. Par exemple, on a essayé cette mesure en opérant sur un mélange d'hydrogène et de chlore. Mais c'est là une méthode peu exacte en principe, car bien que l'on puisse modérer la réaction, il n'en est pas moins vrai que la combinaison développe un travail positif qu'il est impossible de séparer et même de distinguer de celui de la lumière : dès lors, comment pouvoir mesurer ce dernier? Pour arriver à la solution de cette question, il faudrait évidemment parler d'un phénomène tout différent, c'est-à-dire d'une combinaison ou d'une décomposition se produisant avec absorption de chaleur, en un mot, une réaction dans laquelle la lumière est la cause efficiente de la réaction. On pourrait, par exemple, chercher à déterminer les quantités d'acide carbonique décomposées par une quantité de lumière déterminée : malheureusement, cette décomposition ne peut s'effectuer jusqu'ici que par l'intermédiaire des plantes. Or nous manquons d'un terme de comparaison suffisamment précis, car, qui pourrait dire que telle feuille par exemple, décompose, pour la même quantité de lumière, autant d'acide carbonique que telle autre feuille de même grandeur?

Parmi les agents physiques que l'on peut envisager sous le même point de vue, comme déterminant des réactions endothermiques, il faut citer l'électricité et la chaleur.

*Électricité.* — Commençons par l'électricité, et signalons divers faits qui ne sont pas malheureusement assez connus pour être tout à fait démonstratifs.

L'ozone paraît être constitué par une molécule formée de deux, trois ou quatre atomes d'oxygène; en effet, si l'on prend de l'oxygène fortement ozonisé, c'est-à-dire renfermant 3 ou 4 pour 100 d'ozone, d'après M. Soret, on observe que par la destruction de cet ozone, le volume du gaz ne change pas. La conséquence de ce fait expérimental est très-simple: c'est que l'ozone est formé par deux ou un plus grand nombre de molécules d'oxygène, occupant le même volume qu'une seule molécule de ce gaz.

La question est maintenant celle-ci : l'ozone en se décomposant absorbe-t-il ou dégage-t-il de la chaleur? S'il absorbe de la chaleur, c'est un corps analogue à l'eau, à l'acide chlorhydrique : l'électricité en produisant ce corps n'est plus qu'une cause déterminante de la réaction.

Si l'ozone, au contraire, correspond à une absorption de chaleur, ce qui pourrait être admis, en considérant la grande instabilité de ce composé et son analogie avec l'eau oxygénée, il en résulte qu'il répondrait au chlorure d'azote : l'électricité dans sa formation aurait effectué réellement un travail contraire à celui des affinités.

Soit encore la formation de l'acétylène. Dans l'acétylène le carbone et l'hydrogène se combinent directement sous l'influence de l'étincelle ; cette formation répond-elle à un dégagement ou à une absorption de chaleur? La dernière manière de voir devient assez vraisemblable, si l'on consulte les analogies; en effet,

$C^4H^6$ en se formant par les éléments dégage 20 000 calories environ,
$C^4H^4$ » en absorbe 8000.

Il semble que $C^4H^2$ doive aussi en absorber encore davantage; s'il en était ainsi, l'électricité donnerait lieu dans la production directe de l'acétylène à un véritable travail, contraire à celui des affinités et capable d'effectuer des combinaisons endothermiques.

Je n'ai pas cité la formation de l'ammoniaque bien qu'elle ait aussi lieu par l'étincelle au moyen d'azote et d'hydrogène. C'est que cette combinaison répond à un jeu normal des affinités; car elle représente un dégagement de chaleur.

L'acide hypoazotique se forme également par l'étincelle au moyen des éléments : mais si l'on a égard à sa grande stabilité, il est très-probable qu'il y a dégagement de chaleur : la combinaison de l'oxygène et de l'azote paraît donc répondre à un jeu normal des affinités. En définitive, aucun exemple indiscutable ne nous démontre complétement l'électricité comme cause efficiente d'une combinaison chimique endothermique. Mais plusieurs formations rendent cet effet probable, surtout avec le concours d'un refroidissement brusque, condition dans laquelle les effets de l'électricité ne sont peut-être pas au fond distincts de ceux de la chaleur.

*Chaleur.* — Arrivons maintenant à la chaleur. Elle joue souvent un rôle spécial en chimie : elle peut effectuer un travail réel, de signe contraire à celui des affinités, quand il s'agit des décompositions. Mais la chose est plus rare pour les combinaisons endothermiques. Cependant la chaleur détermine certaines réactions et combinaisons de cette nature, surtout lors d'un refroidissement brusque, par exemple.

Prenons le soufre comme exemple. Lorsqu'il est porté à 170 degrés, il passe à l'état de soufre insoluble, quand on le refroidit brusquement ; et ce changement correspond à une absorption de chaleur. Or, cette transformation ne peut avoir lieu qu'à la condition de faire intervenir un refroidissement brusque ; car en laissant repasser le soufre lentement de 170 degrés à la température ordinaire, il reprend son état normal et primitif. Bien plus le soufre insoluble porté à 110 et jusqu'à 150 degrés, se change rapidement en soufre cristallisable avec dégagement de chaleur.

On peut expliquer la formation du soufre insoluble de la manière suivante; l'élévation de température donne lieu à un accroissement de force vive ou plus générale-

Digitized by Google

ent d'énergie, qui se perd peu à peu à mesure que la température diminue graduellement; mais si le refroidissement est brusque, une partie de cet excès de force ive se transforme, s'emmagasine en quelque sorte dans composé, en produisant des arrangements moléculaires spéciaux, dont le résultat est la formation du soufre soluble. Mais dans des circonstances convenables, cet effet de tension moléculaire peut être détruit, le corps repasse à l'état plus stable de soufre ordinaire et la chaleur absorbée se dégage.

D'après ce qui précède, on voit qu'il n'est pas indifférent d'appliquer la chaleur de telle ou telle manière, et en chimie que les effets peuvent varier suivant les circonstances dans lesquelles on se place.

*Actions de contact.* — Les phénomènes de contact peuvent jouer un rôle important dans l'ordre de réactions chimiques que nous étudions.

Prenons du soufre, chauffons-le à 170 degrés et laissons-le refroidir lentement dans une atmosphère de gaz sulfureux, il se formera, au moment de la solidification, un noyau cristallin de soufre soluble et ce noyau sera entouré d'une pellicule de soufre insoluble, là où le soufre était en contact avec le gaz sulfureux.

L'état spécial que présentait le soufre à 170 degrés, état qui cesse au-dessous de 150 degrés dans les conditions ordinaires et qui répond à une absorption de chaleur, a donc persisté là où le contact du gaz sulfureux a eu lieu; ce fait est d'autant plus décisif, que d'autres corps, l'eau par exemple, ne produisent rien de semblable.

Si l'on veut expliquer cette anomalie, il faut remarquer que l'on a fait intervenir autre chose que la chaleur; ce qui se trouve en présence du soufre fondu, c'est le groupement $SO^2$ et l'on conçoit que le soufre puisse être influencé par le contact des molécules d'acide sulfureux qui l'entourent : il y a là la source d'un certain travail. Ici d'ailleurs intervient une autre condition capable d'expliquer l'absorption de chaleur qui a lieu lors de la formation du soufre insoluble. En effet, ce dernier ne se manifeste qu'au moment de la solidification du soufre fondu, c'est-à-dire que l'absorption de chaleur peut avoir lieu aux dépens de la chaleur de fusion du soufre.

*Influence du temps.* — Il nous reste encore à parler de l'influence du temps, comme d'une condition propre à déterminer des combinaisons endothermiques, directement et sans intermédiaires. Tel est le cas de l'acide formique. Cet acide se décompose en eau et oxyde de carbone avec dégagement de chaleur : il en serait de même du formiate de potasse. Il en résulte que la combinaison de l'oxyde de carbone avec l'eau doit se faire avec absorption de chaleur, et qu'il en est de même de celle du formiate de potasse.

$$C^2O^2 + KOHO.$$

Ce calcul rigoureux indique pour cette dernière réaction, en présence de dissolutions étendues, une absorption voisine de 13 000 calories.

Or, l'expérience prouve que la réunion de ces deux corps, c'est-à-dire de l'oxyde de carbone et de la potasse, peut se faire directement, qu'il suffit de maintenir ces corps en contact pendant longtemps, même en dehors de l'intervention d'un agent quelconque. C'est même le seul cas des combinaisons de ce genre dans lequel il n'intervient aucun agent physique auxiliaire. Il y a là un mécanisme d'un ordre tout particulier.

Il est probable que l'absorption de chaleur résulte de quelque changement physique qui s'opère au sein de la masse et qui résulte des propriétés spéciales de l'oxyde de carbone.

Nous allons continuer, au point de vue chimique, l'étude des composés qui se forment avec absorption de chaleur et étudier le mécanisme général de leur production, en tant que dû au travail d'affinités agissant simultanément.

De tels cas sont très-nombreux en chimie organique, telle est la formation des éthers simples, des chlorures acides, des acides doubles. En général, le chimiste se les procure par des doubles décompositions. En même temps qu'ils se forment, prend naissance une autre combinaison, produisant pour son propre compte un dégagement de chaleur plus considérable que celle qui doit être absorbée : de telle sorte qu'en dernière analyse ces doubles décompositions s'effectuent avec dégagement de chaleur.

Développons ce principe par quelques exemples. Soit l'eau oxygénée $HO^2$; lorsqu'elle se décompose il y a production de chaleur, que l'on peut évaluer à 10 400 calories : il y a donc eu absorption de cette quantité de chaleur au moment de la formation de ce corps.

Or, on obtient l'eau oxygénée en traitant le bioxyde de baryum par l'acide chlorhydrique :

$$BaO^2 + HCl = BaCl + HO^2.$$

Quels sont les phénomènes calorifiques qui se passent dans cette réaction? Pour nous en rendre compte, combinons d'abord l'oxygène à la baryte :

$$BaO + O = BaO^2,$$

ce qui se fait directement; ensuite nous traitons ce corps par un acide; enfin le peroxyde obtenu est décomposé :

$$HO^2 = HO + O.$$

Telles sont les trois réactions qui doivent intervenir pour aboutir à un dégagement de chaleur.

Notre système initial est celui-ci :

$$BaO + O + HCl,$$

et le système final :

$$HO + O + BaCl.$$

Or l'acide, en se combinant directement à la base en solution étendue, dégage environ 16 000 calories. Cette quantité est supérieure à celle que fournit l'eau

Digitized by Google

oxygénée en se décomposant, puisqu'il y a 10 400 calories de dégagées; on conçoit donc comment l'eau oxygénée a pu prendre naissance.

Prenons maintenant le chlorure d'azote $AzCl^3$, corps qui se décompose avec explosion et dégagement de chaleur et de lumière. Si les deux éléments Az et Cl ne se combinent pas directement, c'est que leur union, loin de dégager de la chaleur, doit en absorber. Mais on obtient ce corps en faisant agir le chlore sur l'ammoniaque.

$$AzH^3 + 3Cl^2 = AzCl^3 + 3HCl.$$

L'acide chlorhydrique ainsi formé se combine en même temps avec une autre portion d'ammoniaque, d'où formation de sel ammoniac :

$$3HCl + 3AzH^3 = 3\,(HClAzH^3).$$

Telle est la réaction qui donne naissance au chlorure d'azote; on a donc enfin :

$$4AzH^3 + 3Cl^2 = AzCl^3 + 3\,(HClAzH^3).$$

Le système initial sera le suivant :

$$4Az + 6H^2 + 3Cl^2,$$

et le système final, après la destruction du chlorure :

$$Az + 3Cl + 3HClAzH^3;$$

or on peut arriver à ce dernier de deux manières, ou bien en admettant que le chlore et l'azote ne se combinent pas, ou bien en opérant de façon à amener la combinaison de ces deux gaz. Il est facile de se rendre compte des phénomènes calorifiques qui se passent ici.

*Première marche :*

| | | |
|---|---|---|
| $Az + H^3$ dégage 23 000 calories<br>En se dissolvant 9 000 calories | 32 000..... | 32 000 |
| Le chlore, en se combinant à l'hydrogène, dégage 24 000 c.<br>Et la dissolution de l'hydracide..... 16 000 c. | | 40 000 |
| Enfin, l'alcali en se combinant à l'acide chlorhydrique.... | | 13 000 |
| | Somme..... | 85 000 |

Donc trois équivalents de chlorhydrate pour se former dégageraient :

255 000. — En comparant avec le second cycle qui passe par le chlorure d'azote, on explique aisément la chaleur absorbée dans la formation de ce dernier.

En définitif, la formation du chlorure d'azote est corrélative de celle du chlorhydrate d'ammoniaque, la chaleur dégagée par cette dernière étant plus considérable que celle qui répond à la formation du premier corps.

Prenons un autre exemple. L'acide hypochloreux s'obtient en faisant réagir du chlore sur de la potasse en dissolution.

$$2KO + 2Cl = KCl + ClO.KO.$$

Cet hypochlorite se décompose facilement, comme chacun sait, avec dégagement de chaleur, il y a donc eu absorption au moment de sa production; c'est le chlorure de potassium qui fournit cette chaleur.

Venons à un autre exemple très-intéressant. L'éther ordinaire se produit avec absorption de chaleur; bien que l'on ne connaisse pas exactement la quantité de chaleur absorbée qui répond à l'équivalent $C^8H^{10}O^2$; cependant on peut dire qu'elle répond à environ 50 000 calories.

$$C^4H^6O^2 + C^4H^6O^2 - H^2O^2.$$

| | |
|---|---|
| En effet l'alcool a une chaleur de combustion égale à | 321 000 c. |
| 2 équivalents dégageront..... | 642 000 |
| Or, la combustion de l'éther répond à..... | 698 000 |

d'où 50 000 calories environ absorbées lors de la formation de l'éther. Mais ces nombres, on le répète, ne sont qu'approximatifs et on les cite seulement pour fixer les idées.

Or, comment se produit l'éther ordinaire? on peut l'obtenir par double décomposition :

$$C^4H^5I + C^4H^5NaO^2 = NaI + C^8H^{10}O^2.$$

Mais en partant de l'alcool on peut arriver à l'éther par des réactions qui dégagent toutes de la chaleur. En effet, pour obtenir l'éther iodhydrique, il faut faire réagir l'acide iodhydrique sur l'alcool,

$$C^4H^6O^2 + HI = C^4H^5I + H^2O^2,$$

et cette première réaction donne lieu à un grand dégagement de chaleur.

L'alcool sodé s'obtient en traitant l'alcool par le sodium :

$$C^4H^6O^2 + Na = H + C^4H^5Na.O^2.$$

Cette réaction est accompagnée d'un grand dégagement de chaleur, car le liquide entre bientôt en ébullition et le métal lui-même ne tarde pas à entrer en fusion.

Enfin, quand on mêle ce corps avec l'éther iodhydrique, il y a réaction, dégagement de chaleur et formation d'éther.

En définitive, on passe de l'alcool à l'éther par une série de réactions qui dégagent toutes de la chaleur, on comprend donc comment une partie de cette chaleur peut être fixée par le produit final qui reste ainsi dans la classe des composés exothermiques; cette chaleur ici tire son origine principalement de la formation de l'iodure de sodium, qui se produit en effet avec un grand dégagement de chaleur.

Les notions qui précèdent s'appliquent à une foule d'autres composés. Dans la plupart des cas, lorsqu'un corps prend naissance avec absorption de chaleur, c'est qu'il se forme en même temps un autre composé qui produit plus de chaleur que celle qui doit être absorbée; la combinaison exothermique prend naissance, comme conséquence de la formation du second composé : telle est la condition générale qui préside à la formation de la plupart des composés exothermiques. C'est sur elle que repose toute l'efficacité de la méthode des doubles décompositions.

On peut dès lors concevoir quelle est la fécondité de cette méthode, puisqu'elle permet d'obtenir une foule

Digitized by Google

de corps qu'il serait impossible d'obtenir directement dans la majorité des cas.

Il nous reste encore pour compléter cette question à parler des actions de contact qui sont encore si obscures sur plusieurs points. J'ai fait remarquer l'année dernière que ces actions présentent un point commun avec les effets qui nous occupent en ce moment, en ce sens qu'il y a souvent dans ces phénomènes dégagement de chaleur.

Soit le platine en éponge; faisons passer sur ce corps un mélange d'hydrogène et d'oxygène : il y aura dégagement de chaleur et cette chaleur sera la cause de la combustion de la masse entière.

L'eau oxygénée se décompose en eau et oxygène au contact d'un certain nombre de corps :

$$HO^2 = HO + O.$$

Or, cette décomposition s'effectue également avec dégagement de chaleur : environ 10400 calories pour un équivalent.

Tous ces phénomènes s'expliquent aisément si l'on remarque que les corps qui agissent ici par leur présence, ne sont que les causes déterminantes, mais non les causes efficientes de la réaction : dès que la réaction est commencée, elle produit par elle-même un travail et ce travail est utilisé pour continuer la réaction. Le platine qui la détermine ne fait autre chose qu'effectuer le travail initial nécessaire pour commencer la réaction (voir une des leçons précédentes). Citons encore quelques faits.

J'ai observé que lorsqu'on fait passer de l'alcool sur de la mousse de platine chauffée à 250 degrés, il y a décomposition avec formation d'acide carbonique et de gaz des marais :

$$2C^4H^6O^2 = C^2O^4 + 3C^2H^4.$$

Or c'est encore là un phénomène qui répond à un dégagement de chaleur.

Lors de la décomposition de l'alcool en eau en gaz oléfiant,

$$C^4H^6O^2 = H^2O^2 + C^4H^4,$$

il y a, au contraire, absorption de chaleur; aussi cette réaction n'a-t-elle pas lieu sous l'influence du platine.

Voici les nombres :

2 équival. d'alcool, par leur combustion, dégagent 642 000
3 équivalents de gaz des marais.. 209 000 × 3 = 627 000

Il y a donc dégagement de chaleur dans la première transformation. Il y a au contraire absorption dans la seconde, puisque

2 équivalents de gaz oléfiant.... 334 000 × 2 = 668 000

On peut appliquer ces idées à la décomposition de l'eau oxygénée par l'oxyde d'argent.

$$HO^2 + AgO = HO + Ag + O^2.$$

Il y a encore dégagement de chaleur. En effet,

L'oxyde en se décomposant absorbe... 5 000 calories.
L'eau oxygénée dégage. ..... 10 400 »

Par conséquent la transformation du premier système dans le second produit 5400 calories.

Voici un autre exemple que j'ai observé. Lorsqu'on met en contact du soufre insoluble avec de l'acide sulfhydrique, il est rapidement transformé en soufre cristallisable et cette transformation est accompagnée d'un dégagement de chaleur, conformément aux développements précédents. La transformation inverse n'a pas lieu dans les circonstances ordinaires, puisqu'elle exige une absorption de chaleur; mais on peut y parvenir, soit en produisant un composé complémentaire, soit en utilisant la chaleur de fusion du soufre. — Les deux causes concordent lorsqu'on fait bouillir du soufre jusqu'à fusion dans l'acide nitrique. Si on laisse refroidir le tout, on obtient une pellicule de soufre insoluble enveloppant un globule de soufre cristallisable. L'acide sulfureux produit des phénomènes semblables, comme je l'ai déjà signalé, sans autre condition que l'action de contact qu'il exerce sur le soufre au moment de la solidification du soufre fondu préalablement.

Pour concevoir ces transformations, il faut invoquer la liquidité du soufre; une partie de la chaleur de fusion est absorbée au moment de la transformation : les acides sulfureux et nitrique la déterminent d'abord et en outre donnent de la stabilité au produit. Remarquons que ce sont là des faits d'expérience, indépendants de toute théorie.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES
(de l'Institut).

### II.

**Examen de la théorie d'Agassiz.**

Au début de chaque leçon, nous avons l'habitude de résumer ce qui a fait le sujet du cours précédent : aujourd'hui notre tâche serait difficile, car on ne résume pas un résumé. Nous nous contenterons de rappeler brièvement les propositions que nous avons conclues des nombreux faits invoqués, et qu'il importe de se graver dans la mémoire.

Si de l'homme nous faisons un règne à part dans la nature, nous ne sommes pas guidé par des idées dogmatiques ou philosophiques; mais par la constatation de phénomènes spéciaux que nous trouvons en lui et que nous ne trouvons pas ailleurs. L'homme, règne à part, n'en a pas moins les attributs du règne animal qui le précède, comme ce règne a lui-même des caractères qui lui sont communs avec le règne végétal.

L'homme en tant qu'animal soutient la comparaison os

(1) Voy. le n° 33.

Digitized by Google

pour os, muscle par muscle, nerf par nerf, avec les animaux supérieurs qui lui sont le plus voisins : il n'est donc organiquement ni plus ni moins qu'un animal. Si l'histoire de l'homme nous présente quelques points obscurs, notre droit et notre devoir sont de nous éclairer par la comparaison de cet être avec les autres êtres organisés. C'est la marche suivie par la physiologie, c'est la seule que doit suivre l'anthropologie; si l'on s'en écarte, on tombe dans les hypothèses, l'erreur et la contradiction. Quand donc nous rencontrons cette contradiction au début ou à la fin d'une doctrine, nous déclarons que cette doctrine est fausse, et voilà pourquoi nous déclarons non fondé le polygénisme qui mène fatalement à cette conséquence. Le monogénisme, au contraire, étant en parfait accord avec les lois générales des êtres vivants, porte par cela seul le cachet de la vérité.

La démonstration de la proposition précédente repose sur deux ordres de faits, la morphologie et la physiologie de la reproduction ou la filiation. Les polygénistes expliquent la pluralité des types dont ils font des espèces par la diversité des origines et sont ainsi logiquement amenés à nier la variabilité de l'espèce et les influences de milieu : ils mettent donc l'homme en contradiction avec ce que nous montrent toutes les espèces animales et végétales. Les monogénistes, au contraire, voient dans les types humains des différences de race tenant à la diversité du milieu, aux croisements, etc., toutes choses qui s'observent parmi les végétaux et les animaux! Par conséquent, ils font rentrer l'homme dans les lois générales.

Cependant la morphologie n'établit que des présomptions en faveur du monogénisme; pour arriver à la conviction, il faut interroger les phénomènes de filiation. Or, ici, deux faits capitaux se présentent : d'un côté les hybrides ou les produits du croisement de deux espèces ne se propagent pas; de l'autre les métis ou les produits du croisement de deux races, conservent toute leur faculté génératrice qui parfois même s'exagère. Or, les produits du croisement des différents groupes humains se propagent, donc ces groupes sont des races d'une seule espèce. Le monogénisme est donc basé sur des faits précis et vérifiables dont il est la conséquence forcée.

Quant aux objections adressées à notre doctrine, nous avons vu que les plus spécieuses reposent sur deux données inexactes, sur l'idée imparfaite de ce que sont la race et l'espèce d'une part, sur la négation des actions au milieu de l'autre. C'est de ces notions incomplètes ou fausses que partent toutes les objections contre le monogénisme.

Avant d'aller plus loin, il est absolument nécessaire de définir l'espèce, la race et la variété. Le professeur définit l'espèce : *l'ensemble des individus plus ou moins semblables entre eux, qui sont descendus ou qui peuvent être regardés comme descendus d'une paire primitive unique, par une succession non interrompue de familles.* Cette définition réserve le fait d'origine : nous ne pouvons affirmer la paire primitive; la science n'apprend rien à ce sujet; mais elle apprend que tout est comme si cette paire avait existé.

*La variété est un individu ou un ensemble d'individus appartenant à la même génération sexuelle, qui se distingue des autres représentants de la même espèce par un ou plusieurs caractères exceptionnels.* Si nous parlons ici d'individus multiples considérés comme ne formant qu'une seule variété, c'est que nous tenons compte des phénomènes de généagenèse, c'est-à-dire de la multiplication des individus par voie de bourgeonnement, de greffe, de marcottage, etc.

*La race est l'ensemble des individus semblables entre eux, appartenant à une même espèce ayant reçu et transmettant par voie de génération les caractères d'une variété primitive.*

Le professeur n'a pas l'intention de défendre les termes de ces définitions; mais ce qu'il veut maintenir ce sont les idées qu'elles expriment. Tous les naturalistes, botanistes ou zoologistes qui se sont occupés sérieusement des questions actuelles ont exprimé ou défendu ces idées là : s'en écarter, c'est tomber dans les erreurs les plus considérables et s'exposer à méconnaître les faits les plus élémentaires. Nous allons en voir un exemple.

Un illustre savant, aussi recommandable par la noblesse de son caractère que par ses magnifiques travaux en histoire naturelle, va nous fournir cet exemple; nous allons discuter l'opinion d'Agassiz sur la question qui nous occupe et nous ferons concourir cette discussion à mettre en lumière une des premières et des plus importantes conséquences qui découlent du fait de l'unité de l'espèce humaine.

La position d'Agassiz est vraiment singulière : tout en admettant qu'il n'y a qu'une espèce dans l'humanité, que les groupes humains sont des races de cette espèce, il ne s'en trouve pas moins acclamé par les polygénistes et vivement attaqué par les monogénistes. Cette position a donné lieu à de vives controverses que l'on fit même descendre sur le terrain des personnalités, suivant la coutume des États-Unis et d'autres pays encore. On alla jusqu'à adresser à Agassiz le reproche de variation intéressée. C'était là une injustice contre laquelle proteste la vie entière de l'honorable savant. En étudiant mieux l'esprit de ses travaux, on reconnaît qu'il s'était trouvé fatalement amené à cette position véritablement étrange.

Devant un tel homme à critiquer, on comprend qu'il faille chercher avec soin l'explication des doutes que ses travaux font naître. Or, d'une lecture attentive de ses écrits, il résulte qu'Agassiz n'a jamais eu une idée nette de ce que sont l'espèce et la race. Voilà la cause de ses indécisions et de ses contradictions flagrantes. Nous prouvons cette assertion en passant en revue les divers travaux où il s'est occupé de la question.

En 1840, Agassiz publia ses *Principes de zoologie* : nous y voyons que pour lui l'espèce est « le dernier terme de classification auquel s'arrêtent les naturalistes, et que cette dernière division est fondée sur les caractères les moins importants comme la taille, la couleur, les proportions ». Constatons d'abord que dans cette définition il n'est pas question des notions fournies par la filiation, et que tous les caractères sont empruntés à la morphologie seule. Dans ce livre, il regarde l'homme comme appartenant à la même espèce; mais il reconnaît en même temps des races formées sous l'influence du climat, de la nourriture et de l'habitation, influence qui ajoute à de *légères différences physiques primitives*.

De la définition de l'espèce qui précède, il semble résulter que ce soit les naturalistes qui l'aient établie; jamais pourtant ils n'ont agi ainsi; ils ont trouvé l'espèce et ne l'ont point inventée. Longtemps ils travaillèrent sans faire cette division prétendue artificielle; mais ils furent ensuite amenés par la force des choses à la reconnaître comme existant dans la nature, et deux cents ans de travaux ont confirmé ce résultat. Ce vague dans les idées d'Agassiz sur l'espèce résulte d'ail-

Digitized by Google

eurs de ses premiers travaux : on sait, en effet, qu'il s'occupa l'abord de paléontologie et cette science, basée uniquement ur la morphologie et n'empruntant rien aux notions physio-ogiques de la reproduction, était peu propre à donner à Agassiz des notions précises sur l'espèce. — Remarquons en-ore qu'il reconnaît à l'espèce humaine de *légères différences rimitives* : la contradiction commence. Un homme qui fonde a notion de l'espèce uniquement sur la morphologie et qui econnaît de légères différences physiques primitives, recon-nait des espèces multiples ou, pour nous servir d'une expres-ion empruntée à nos adversaires, des *espèces d'espèces*.

En 1845, parut dans la *Revue suisse* de Neufchâtel, un tra-ail d'Agassiz *sur la distribution géographique des animaux*. Il y tablit que la diversité des races humaines correspond à celle les faunes diverses ; mais il ajoute : « Cette diversité qui a la même origine, a-t-elle la même signification chez l'homme que chez les animaux ? Évidemment non. Tandis que les ani-naux sont d'espèces distinctes dans les différentes provinces oologiques auxquelles ils appartiennent, l'homme, malgré a diversité des races, constitue une seule et même espèce ur toute la surface du globe. » La contradiction est déjà évi-lente ; ce qui forme des espèces chez les animaux ne forme-ait que des races pour l'homme.

En 1846, Agassiz déclarait croire à l'existence primitive d'un ombre indéfini de races humaines, et ajoutait que les races réées pour un certain milieu ne peuvent pas vivre hors de ce nilieu : c'est ainsi, par exemple, que les Esquimaux ne euvent pas vivre ailleurs que dans les régions polaires.

En 1850, Nott, un des auteurs du grand ouvrage intitulé *Types of Mankind*, lut dans une réunion savante aux États nis un mémoire contre l'unité de l'espèce humaine ; Agassiz lemanda la parole et déclara croire à une seule espèce l'hommes, mais divisée en groupes remontant à l'origine t nés différents pour des climats différents. Cette déclaration mena de vives discussions dans lesquelles les arguments héologiques jouèrent un grand rôle.

En 1856, Agassiz résuma ses idées sur l'espèce humaine lans un mémoire qu'il publia en Amérique. Dans ce travail, 'auteur répète que des groupes multiples ont été créés pour les lieux différents et qu'ainsi ces races sont primordiales. Or, our les naturalistes, de telles races sont des espèces. Les au-eurs du *Types of Mankind*, Nott et Gliddon, donnèrent dans eur ouvrage la place d'honneur à ce mémoire d'Agassiz. C'est ui que nous allons examiner.

L'auteur, en commençant, se pose ces indispensables ques-ions : Qu'est-ce que l'espèce ? Qu'est-ce que la variété ? Qu'est-ce ue la race ? La discussion est d'un vague désolant. En effet, il e veut pas dans sa définition faire entrer les données fournies ar la génération ; il refuse les notions fondamentales recon-nues pour telles par tant d'illustres naturalistes, à commen-er par Buffon et Linné ; il ne veut pas admettre la filiation omme devant entrer en ligne de compte dans le débat ; ussi les conséquences ne tardent pas à se montrer : il dé-lare inutile de savoir si les hybrides sont ou ne sont pas ndéfiniment féconds entre eux. Là cependant est la question apitale, là est le fait qui, en déterminant nettement l'espèce, ermet seul d'arriver à une conclusion. Il supprime donc i tout critérium expérimental.

Ce mémoire renferme une nouvelle définition de l'espèce : Les espèces, dit-il, sont des formes distinctes de la vie orga-ique, dont l'origine se perd dans le premier établissement de l'ordre de choses actuel. » Quant aux variétés, ce sont « des modifications des espèces pouvant retourner à la forme typique sous des influences temporaires ».

Ces définitions, on le voit, manquent de précision. Mais chose bien plus grave, Agassiz ne définit pas la race, et cependant il se déclare prêt à démontrer que « les dif-férences existant entre les *races* humaines sont de même nature que celles qui séparent les *familles*, les *genres* et *espèces* de singe ou autres animaux. » Il ajoute : le chim-panzé et le gorille ne diffèrent pas plus l'un de l'autre que le mandinque du nègre de Guinée ; l'un et l'autre ne diffèrent pas plus de l'orang que le Malais ou le blanc ne diffèrent du nègre. »

Nous laissons ici de côté les erreurs physiologiques et anatomiques. Depuis, Gratiolet a démontré que dans le cerveau, cet organe si important, le gorille et le chimpanzé présentaient des différences qui établissent nettement des distinctions de types. Remarquons seulement qu'après un lan-gage aussi carré, Agassiz n'ose pas en tirer les conclusions logiques et déclarer que l'humanité est un ensemble d'espèces ou un vrai genre, dans le sens que donnent à ce mot les na-turalistes. Il affirme encore une fois qu'en dépit de toutes ces différences, les hommes n'en sont pas moins une seule espèce, et il conclut à des sentiments de fraternité humaine que, pour le dire en passant, les polygénistes n'ont pas montré toujours. Rappelons-nous, en effet, qu'en 1844, le gouverne-ment de Washington répondit aux instances de la France et de l'Angleterre qui réclamaient l'abolition de l'esclavage par la doctrine américaine du polygénisme. Mais laissons ces ques-tions sociales pour la seule question scientifique.

En 1856, Agassiz écrit une lettre aux auteurs du *Types of Mankind*. Il reproduit ses opinions précédemment publiées, retombe dans ses contradictions, et insiste sur des considéra-tions qu'il n'avait fait qu'indiquer jusque-là. Quand on étudie attentivement les écrits d'Agassiz, on en vient à se demander comment cet homme de science si sérieuse et de grand esprit a pu employer, pour défendre sa cause, des arguments sem-blables à ceux qu'on y rencontre ; on en vient à se demander pour quel public il écrit. Il nous a fait lui-même réponse à cette question. Dans un de ses travaux les plus récents, il déclare que ses lecteurs étant en grande partie des laboureurs ou des ouvriers, il a dû employer des arguments pour son public, et dont il n'eut sans doute pas fait usage à l'Acadé-mie des sciences ou au Jardin des plantes. Ainsi il invoque des considérations tirées de la ressemblance entre les cou-leurs de la peau de l'homme et les poils des mammifères dans certains pays. C'est ainsi qu'il prétend que l'orang-ou-tang et le Malais ont la même couleur et sont donc nés d'un même centre de création ; c'est ainsi encore que voyant une certaine ressemblance de couleur entre certains gibbons et les peuplades négrittos et Telinga, il en conclut qu'ils sont sortis du même pays qui a infligé aux uns et aux autres un même cachet d'origine. Donner comme une raison de quelque va-leur une coïncidence de couleur entre la peau de l'homme et le pelage des animaux, avouons que c'est employer un argu-ment peu sérieux et qui n'est guère acceptable en Europe. Cependant considérons ce raisonnement comme sérieux et voyons s'il résiste à l'examen. Et d'abord l'orang-outang et le Malais n'ont pas la même couleur. L'orang, dont le pelage est roux ou bicolore, comme on en voit un exemple dans les galeries du muséum, roussâtre ou fauve, ne rappelle que de

Digitized by Google

bien loin le teint des Malais, plus semblables aux Caraïbes qu'aux Chinois et dont la peau se rapproche souvent plus du rouge terne que du jaune (Hamilton Smith et Henry Sy). — Sous ce nom de Malais on a d'ailleurs confondu des groupes divers et de couleurs fort différentes. — Supposons cependant que l'orang et le Malais soient réunis par une similitude de couleur : ceci ne démontrera pas qu'ils aient le même centre de création, la même province zoologique pour nous servir de l'expression même de M. Agassiz. En effet, l'île de Bornéo est le centre de création des orangs, mais elle n'est pas le centre d'origine de la race malaise qui ne s'y trouve que par immigration. En outre cette race récente d'ailleurs est née à Sumatra et non pas à Bornéo qui est la patrie des Dayaks. Il n'y a donc pas ici la coïncidence affirmée par Agassiz.

Nous pouvons pousser plus loin le débat, et déclarer que, y eût-il coïncidence entre le centre de création et la couleur, il n'en ressortirait aucune preuve pour la théorie d'Agassiz. Admettons un centre unique pour cette espèce animale et ce groupe humain des Malais; mais dans la même île, il y a des races différentes se rapprochant les unes de la race blanche et les autres de la race chinoise. Comment démontrer que le centre d'origine des races leur imprime un cachet distinctif, puisque dans ce centre se trouvent trois races au moins? Parmi ces trois races, laquelle choisira Agassiz pour race appartenant au même centre que l'orang?

Quant aux gibbons dont Agassiz fait les compatriotes des races Negrittos et Telinga, il suffit de dire qu'il y a des gibbons de toute couleur, et que le gibbon noir qu'Agassiz associe aux Negrittos et au Telinga, se trouve, entre autres lieux, dans l'île de Sumatra, cette patrie prétendue des hommes couleur d'orang.

Pour combattre l'unité de l'espèce humaine, Agassiz emploie encore un argument d'une telle nature, qu'il faut le citer textuellement. Le professeur en a fait une traduction aussi littérale que possible. Suivant la théorie de l'école américaine, dont il peut être regardé comme un des chefs, Agassiz soutient que l'homme naît sur place, dans un milieu donné, au sein de conditions déterminées et locales, qui lui impriment leur cachet, et qu'il naît avec tous ses caractères. Parmi ces caractères, il en est un très-important, le caractère de la langue. Or, pour Agassiz, les caractères linguistiques sont absolument locaux et assimilables aux différents caractères de la voix chez les animaux. Dans son premier mémoire, il dit : « La preuve tirée de l'affinité des langues de diverses nations en faveur d'une communauté d'origine est sans valeur, car nous savons que parmi les animaux doués de la voix, chaque espèce a ses intonations particulières, et que les différentes espèces d'une même famille produisent des sons aussi étroitement rapprochés, formant des combinaisons aussi naturelles que peuvent le faire les langues appelées indo-germaniques. »

Il ne se tient pas à ce passage ; dans sa lettre à Nott et à Gliddon, il dit encore : « Qu'on suive sur une carte la distribution géographique des ours, des chats, des ruminants à cornes creuses, des gallinacés, des canards ou de toute autre famille : on prouvera avec tout autant d'évidences que peuvent le faire pour les langues humaines n'importe quelles recherches philologiques, que le grondement des ours du Kamtchatka est allié à celui des ours du Thibet, des Indes orientales, de la Sibérie, etc. Cependant tous ces ours sont considérés comme des espèces distinctes, n'ayant en aucune façon hérité de la voix les unes des autres. Les différentes races humaines ne l'ont pas fait davantage. » Et plus loin : « Tout ce qui précède est encore vrai du caquetage des gallinacés, du cancanage des canards, aussi bien que du chant des grives, qui toutes lancent leurs notes harmonieuses et gaies chacune dans son dialecte, lequel n'est ni le dérivé, ni l'héritier d'un autre, bien que toutes chantent en *grivien*. »

Ainsi, en vertu de l'idée que nous avons vu grandir chez Agassiz, de l'unité de formation sur place des faunes zoologiques et des groupes humains, il en arrive à nier la belle science qui a si complétement mis hors de doute les rapports des langues indo-germaniques ; il assimile la voix inarticulée des animaux à la parole articulée de l'homme, méconnaissant ainsi cette grande distinction établie par Aristote ; il oublie que dans la parole il y a autre chose que la voix, qu'il y a aussi un vocabulaire, une grammaire, dont la perfection est en rapport avec l'intelligence des peuples ; il oublie enfin que l'homme seul peut emprunter à ses semblables leur langage. Si l'on élève un enfant dans des conditions autres que celles de son origine, au milieu d'un autre peuple, il prendra le langage de ce peuple. Aura-t-il, pour cela, perdu un de ses caractères spécifiques, et fera-t-il partie d'une nouvelle espèce ? — Non, sans doute ; mais alors qui ne voit ce qu'a d'étrange le raisonnement d'Agassiz? Procédant comme en sciences mathématiques, nous concluons à la fausseté du point de départ par l'absurdité du résultat. Or, ne l'oublions pas, ce point de départ c'est la création locale des groupes humains apparaissant avec leurs caractères propres ; c'est-à-dire un polygénisme qui, pour être mitigé, n'en est pas moins réel.

Nous venons d'indiquer quelques conséquences de la doctrine d'Agassiz ; il nous reste à l'étudier en elle-même.

L. Hallez.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*En vente aujourd'hui :*

ÉLÉMENTS DE PATHOLOGIE INTERNE ET DE THÉRAPEUTIQUE, par NIEMEYER, professeur de pathologie à l'Université de Tubingue, traduction de l'allemand par MM. les docteurs L. CULMANN et CH. SENGEL (de Forbach), revue et annotée par M. le docteur V. CORNIL, précédée d'une introduction par M. le professeur BÉHIER. Tome Ier, 1 vol. gr. in-8 de 900 pages. 9 fr.

ÉTUDES PHYSIOLOGIQUES SUR LES CARACTÈRES GRAPHIQUES DES BATTEMENTS DU CŒUR et des mouvements respiratoires, et sur les différentes influences qui les modifient, par le docteur MAREY. Brochure gr. in-8 de 63 pages, avec 15 figures (extrait du *Journal de l'anatomie et de la physiologie de l'homme et des animaux*, numéro du 1er juillet 1865). 2 fr.

PHILOSOPHIE DE L'ART, par M. H. TAINE. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

PHILOSOPHIE DE LA RAISON PURE, par M. SCHŒBEL. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

LA SCIENCE ET LES SAVANTS EN 1865 (premier semestre), par M. VICTOR MEUNIER. 1 vol. in-18 de 360 pages. 3 fr. 50

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 36. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 5 AOUT 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Zoologie** (Zoophytes). — Cours de **M. Lacaze-Duthiers** : Pêche et commerce du Corail.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : Du système nerveux des Mollusques.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique végétale.** — Cours de **M. Georges Ville** : Combinaison des éléments organiques et des éléments minéraux pour former le végétal.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : L'acide azotique.

Paris, 4 août 1865.

Parmi les communications présentées lundi 24 juillet à l'Académie des sciences, nous nous contenterons de signaler un mémoire de M. Charles Robin, contenant la démonstration expérimentale de l'existence chez les poissons du genre *raie* d'un appareil propre à la production de l'électricité, analogue à celui des torpilles; et un travail de M. Nicolas Wagner relatif à l'influence de l'électricité de l'air sur la production du pigment chez les animaux : les expériences de M. Wagner ont été faites sur des ailes d'insectes avec des courants de diverses intensités. Enfin M. Claude Bernard a présenté les *Leçons sur l'application du courant constant au traitement des névroses*, faites à l'hôpital de la Charité par M. le professeur Remak (de Berlin), brochure extraite de la *Revue des cours scientifiques;* et M. Le Verrier a exposé l'organisation des observations météorologique qui se font dans les écoles normales primaires, ainsi que du service des tempêtes qui fonctionne depuis le mois de février dernier et s'étend déjà à presque toutes les communes de France.

Lundi dernier, M. Blanchard a présenté un autre mémoire de M. Nicolas Wagner, relatif à un petit insecte diptère du groupe des Cécidonies. Cet insecte présente un mode de reproduction très-singulier, que M. Wagner a mis le premier en évidence. Les flancs des larves se creusent de cavités, dans lesquelles se produisent des embryons qui, en se développant aux dépens des tissus de la mère, finissent par la faire mourir; ils grandissent alors en liberté pour subir ensuite les mêmes phénomènes. Cela dure ainsi jusqu'au mois d'août : les larves se transforment alors en nymphes, et la génération s'accomplit conformément aux lois ordinaires. Ces curieux phénomènes peuvent être rapprochés de la *parthénogenèse* observée pour la première fois chez les pucerons.

E. A.

### MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ZOOLOGIE (1).

COURS DE M. LACAZE-DUTHIERS.

### XI.

**Pêche et commerce du corail.**

En quelques endroits où le corail se développe très-près des côtes et à une faible profondeur, dans le département des Pyrénées-Orientales par exemple, ce sont des plongeurs qui vont directement sous l'eau faire la cueillette de ce produit précieux; mais ce n'est là qu'un cas extrêmement rare, et dans tous les parages de la Calle, de Bizerte, de Bone, de la Galite où sont pêchées les plus grandes quantités de corail, cette pêche se fait d'une manière toute spéciale et assurément fort intéressante.

Les bateaux-pêcheurs, provenant presque tous de Na-

(1) Voy. les nos 6, 9, 15, 21, 23, 25, 27, 28, 29 et 33.



Digitized by Google

ples, sont élégamment construits et fort bons marcheurs, ils portent à l'avant sur un support assez élevé une boule de bois sur laquelle est peinte l'image du Christ, de la Vierge ou de quelque saint; tout l'arrière du bateau est réservé à la pêche et à l'équipage, l'avant est au contraire disposé pour les besoins du patron (*padrone*), lequel est souvent lui-même le propriétaire du bateau. Au premier coup de filet de la saison, les hommes qui sont au nombre de dix à douze sur les grands bateaux de seize tonnes, ou de cinq à six sur les petits, se mettent tous à genoux, et le premier beau rameau de corail retiré de l'eau est offert à la Bonne Mère, pourvu toutefois que la pêche soit fructueuse.

Au milieu de la barque se trouvent la soute à eau et la soute à biscuit, de façon que les hommes de l'équipage ou *corailleurs* puissent manger et boire comme ils le désirent; c'est là une chose indispensable, car, comme on le verra plus loin, leur travail est si considérable qu'il faut que continuellement ils puissent réparer ce qu'ils perdent par l'effet de l'activité qu'ils déploient; aussi on peut dire que le corailleur mange toujours, et en tournant au cabestan il se trouve à proximité de la galette qu'il consomme tout en continuant sa fatigante manœuvre. Ce cabestan, d'autant plus fort qu'il y a plus d'hommes à l'embarcation, est disposé de façon que les corailleurs qu'il occupe soient obligés de passer successivement devant le patron, lequel placé à l'arrière tient la barre du gouvernail; on verra tout à l'heure que cette disposition n'a pas été adoptée sans intention.

L'ensemble des filets et des diverses pièces nécessaires à la pêche porte le nom d'*engin;* le corail est pris par l'enchevêtrement de ses branches dans les fibres peu tordues de la corde de chanvre qui constitue le filet: il faut donc que les engins soient disposés de façon à pouvoir s'accrocher très-facilement à toutes les inégalités du fond de la mer. Voici la manière dont un engin est invariablement construit : Que l'on imagine une croix de bois formée de deux barres solidement réunies en leur milieu, et dont chaque bras peut avoir environ 2 mètres de longueur. Cette croix est lestée en son centre au moyen d'une pierre ou d'un lingot carré de plomb, et à chaque bras est attachée une grande corde de cinq brasses environ, c'est-à-dire de 7$^{m}$,50 à 8 mètres. Chacune de ces cordes porte six filets régulièrement disposés sur sa longueur, à grandes mailles (10 centim. de côté) lâchement nouées; ces filets, construits avec une ficelle grosse comme le petit doigt et à peine tordue, sont froncés au moyen d'une corde passée dans une série de mailles et nouée ensuite, de façon à former un paquet qui, plongé dans l'eau, s'étale en rosette autour de ce nœud; ces paquets sont désignés sous le nom de *fauberts;* les plus grands sont les plus minces des bras de la croix: ils atteignent un mètre et demi à 2 mètres de longueur. Enfin, au point de croisement des deux bras est attachée une cinquième corde plus longue que celles des extrémités et sur laquelle est disposée aussi une série de six, huit fauberts; on l'appelle la *queue du purgatoire*. On voit donc que l'engin porte en définitive plus d'une trentaine de fauberts qui, s'éparpillant dans l'eau dans tous les sens et à de grandes distances, doivent s'accrocher avec une extrême facilité à toutes les aspérités du fond; mais aussi les filets s'usent avec une grande rapidité, et à tous moments il y en a quelques-uns à renouveler : il faut donc en construire continuellement de nouveaux et c'est là l'occupation des hommes pendant les moments de repos; l'habitude qu'ils acquièrent dans ce travail est si grande qu'on en voit qui, harassés de fatigue et pour ainsi dire endormis, continuent encore à boucler machinalement les nœuds.

La première chose à faire avant de commencer la pêche est évidemment de trouver un banc de corail, c'est-à-dire un ensemble de rochers dans les anfractuosités desquels celui-ci croît fixé, comme il a été déjà dit, au-dessous de ces rochers. C'est dans cette recherche que les patrons acquièrent une habitude prodigieuse; dépourvus de tout instrument, guidés seulement par l'habitude et une sorte d'intuition, ils arrivent à se rendre un compte parfaitement exact de la disposition du fond par la connaissance parfaite des moindres accidents de la côte; et l'on assure que certains d'entre eux sont à ce point exercés qu'ils peuvent repêcher au fond de la mer un engin qu'ils y ont laissé l'année précédente. Le plus habile dans ces relèvements est le plus riche, et l'on comprend dès lors combien ces patrons mettent peu d'empressement à recevoir des étrangers à leur bord : ils ont toujours peur que ceux-ci ne soient venus tout exprès pour leur dérober le secret de la position du banc exploité.

Voici maintenant comment se fait la manœuvre de l'engin. On le lance à la mer où il flotte étalé et soutenu par une corde : celle-ci s'attache au centre de la croix et s'enroule ensuite sur le cabestan, après avoir passé en sautoir sur le plat-bord du bateau à l'endroit où se trouve le patron, c'est-à-dire sur le côté droit de l'embarcation (à tribord). Quant au patron lui-même, il est assis, laissant pendre une jambe en dehors et de façon que l'amarre de l'engin passe sur sa cuisse, laquelle est protégée des frottements trop vifs par un petit tablier de cuir très-épais. D'après les impressions qu'il reçoit de cette corde, le patron juge de l'état des lieux qui avoisinent l'engin, et du moment où il convient de l'abandonner au poids qui tend à l'entraîner au fond et auquel résiste l'action du cabestan; à ce moment il crie de lâcher: la corde se déroule, l'engin s'engage dans les anfractuosités des rochers, on le retire, on le relâche et ainsi plusieurs fois de suite, jusqu'à ce qu'enfin la *calle* (suivant l'expression des corailleurs) étant terminée, le filet soit définitivement remonté à bord.

Si l'on se représente l'éparpillement des fauberts et leur entrelacement au milieu de toutes les inégalités du fond, si l'on songe que le travail du pêcheur consiste à rendre cet entrelacement le plus inextricable possible,

Digitized by Google

pour retirer ensuite cet engin en arrachant tout ce qu'il a saisi, on comprendra tous les efforts et toutes les fatigues d'un pareil métier. Aussi les matelots qui s'y livrent font-ils peine à voir, surtout dans les moments où l'engin fortement engagé résiste à tous les efforts : exposés à un soleil de feu, leur corps ruisselle de sueur, leurs veines se gonflent, et il faut ajouter à cela qu'en passant successivement devant leur patron, les malheureux reçoivent souvent des coups de ce maître dur et exigeant. On s'explique ainsi pourquoi le proverbe dit qu'il faut avoir tué ou volé pour être corailleur ; et, en effet, la réputation de ces hommes n'est pas à l'abri de tout reproche. Ils travaillent ainsi dix-huit heures par jour, et n'ont par conséquent que six heures de sommeil; avec cela, nourris de biscuit à discrétion, et le soir de pâtes d'Italie, ils ne reçoivent jamais de vin et de viande que deux fois seulement dans l'année : le 15 août et le jour de la Fête-Dieu. Quant à leur paye, elle est bien minime : en 1862 les meilleurs matelots, — et le nombre en était fort petit, — recevaient de 400 à 600 francs pour les six mois de la saison d'été ; la plupart n'avaient qu'une solde de 200 ou 300 francs. Tout le monde concevra maintenant pourquoi les matelots français ne font pas la pêche du corail, et pourquoi cette pêche est pour ainsi dire abandonnée à des hommes chez lesquels le sentiment de l'indépendance est moins vivement développé.

Les courants sous-marins ont une grande influence sur les succès de la pêche ; cela tient à ce que le corail, comme la plupart des autres coralliaires, évite de se fixer sur les rochers tournés vers le nord et affectionne au contraire les régions qui regardent le sud, le sud-est ou le sud-ouest ; il en résulte que si un courant vient à diriger les fauberts de l'engin vers les branches du corail, la pêche sera productive. Si, au contraire, le courant marche du nord au sud, c'est-à-dire en Afrique du large vers la terre, il tend à éloigner les fauberts et les empêche de s'accrocher aux objets qu'il s'agit de retirer ; dans ce cas, si l'on demande aux pêcheurs des nouvelles de leur métier, ils vous répondent : *La corriente cattiva, signor.*

Quelques mots sur l'état actuel de la pêche et sur ses règlements suffiront à montrer qu'il y a maintenant pour les Français impossibilité de s'y adonner, et feront voir en même temps par quels moyens cette impossibilité pourrait être vaincue.

Depuis le traité de 1832, en vertu duquel le bey de Tunis a cédé à la France la pêche du corail sur toutes les côtes de la Régence moyennant une redevance de 13 000 piastres, l'étendue de la mer à exploiter sous l'autorité française est considérable ; elle s'étend depuis Gibraltar jusqu'à Tripoli ; mais la pêche est à peu près libre, et elle peut s'effectuer en toute saison moyennant un droit qui, de 800 francs qu'il était autrefois est descendu aujourd'hui à 400; de plus, les corailleurs peuvent, sans payer aucun droit, entreposer les objets qui leur sont nécessaires dans les magasins des ports où ils viennent s'inscrire.

Or, la main-d'œuvre se payant aujourd'hui infiniment moins en Italie qu'en France, l'Italien, quelque paresseux qu'on le dise, étant très-sobre et acceptant un travail dont on a pu comprendre que peu de Français voudraient se charger, enfin les objets nécessaires à la vie, et surtout le chanvre provenant d'Italie étant vendus en Afrique à un prix bien inférieur à celui auquel la France pourrait les livrer, il est évident que les Italiens doivent nécessairement avoir en fait le monopole de la pêche. Quels bénéfices cette pêche procure-t-elle au gouvernement français? Il entretient deux navires chargés de la surveillance, et qui coûtent, personnel et matériel, environ 35 000 francs ; le nombre des bateaux pêcheurs est d'ailleurs évalué à deux cents, qui rapportent par conséquent, à raison de 400 francs l'un, 80 000 francs, somme dont il faut encore retrancher les 13 000 piastres à payer au bey de Tunis. Le revenu net ne saurait donc dépasser 40 000 francs, tandis que les Italiens à l'est et les Espagnols à l'ouest emportent pour 2 500 000 francs de corail brut. De tels chiffres sont assez éloquents par eux-mêmes.

Pour faire cesser un pareil état de choses, il y aurait de grandes réformes à introduire dans les règlements. Le premier point qui mérite d'attirer l'attention, c'est la diminution progressive dans la grosseur du corail pêché : à la Calle en particulier, les beaux échantillons ont été très-rares pendant l'année 1861. Or, on remarque que dans les endroits où l'on n'a pas pêché depuis longtemps, les coraux ont acquis une grosseur considérable : ce qui prouve que le repos des bancs est nécessaire pour que le corail puisse prendre un accroissement convenable. La première conclusion qui résulte forcément de tous ces faits, c'est donc qu'il faudrait que les bancs de corail fussent assujettis à des coupes réglées comme le sont nos forêts. Il faudrait aussi que lorsqu'un banc encore inconnu est découvert et donne par conséquent de beaux produits, l'exploitation de ce banc fût assurée pendant un certain temps au bateau qui en a fait la découverte ; en effet, quand ce bateau est petit, il ne peut pas travailler longtemps sans éprouver des avaries de la part des gros qui ne tardent pas à arriver en grand nombre ; une disposition de ce genre le protégerait et serait pour lui une sorte de brevet d'invention.

Mais ce n'est pas tout ; pour assujettir les bancs de corail à une réglementation sérieuse, il faudrait d'abord qu'ils fussent parfaitement connus et répartis en circonscriptions; en un mot, il faudrait que les fonds fussent étudiés, et que des cartes fussent dressées : or tout est encore à faire dans cette voie. Peut-être aussi serait-il possible de créer de nouveaux bancs de corail, en d'autres termes de faire de la *coralliculture ;* mais pour cela, il y aurait de nombreuses et très-dispendieuses expériences à entreprendre, relativement aux conditions biologiques du corail et au temps qu'il met à se former,

Digitized by Google

Enfin et surtout la surveillance devrait être plus active et organisée de manière que les engins prohibés ne pussent lui échapper, surtout celui que l'on appelle la *salabre*, dont se servent trop souvent les Espagnols, et qui consiste en un engin ordinaire à chacun des bras du quel est ajoutée une sorte de casserole de fer, sans autre fond qu'un petit sac en filet à mailles serrées et dont les parois sont percées de trous. Cet intrument racle les rochers et n'y laisse pas les plus petits zoanthodèmes qui sont ainsi presque inutilement détruits.

On a beaucoup parlé de l'emploi du scaphandre dans la pêche du corail; mais, outre que ce vêtement serait excessivement incommode sur un fond rocheux et glissant, il est certain que, descendus à 150 mètres, profondeur à laquelle vit souvent le corail, les travailleurs ne sauraient supporter le poids de la colonne d'eau qui les couvre, lorsque à 20 mètres la fatigue qui en résulte est déjà considérable. Quant au bateau sous-marin qui a été aussi proposé, il ne semble pas, du moins dans l'état actuel, que son application soit plus facile : il y a toujours l'inconvénient d'une énorme pression; et d'ailleurs un tel bateau ne permettrait d'observer que le dessus des rochers, tandis que c'est justement au-dessous que la cueillette doit se faire. L'emploi de la vapeur paraît seul pouvoir présenter des avantages réels; en substituant la force qu'une machine à vapeur peut produire à celle que fournissent les bras des pêcheurs, il semble que l'on pourrait arriver, en rendant le travail plus facile, à faire aux pêcheurs français des conditions acceptables.

Il est difficile de savoir quelle est la quantité de corail que pêche un bateau par jour et par saison; les armateurs n'aiment pas à dire quel a été le produit de leur pêche, et quant à la douane, elle ne peut guère donner de chiffre précis, parce que les caisses de corail sont scellées et estimées par le consul italien; d'après les meilleurs renseignements, la pêche est dite bonne pour un grand bateau lorsqu'il a récolté dans la saison, 300 kilogr. de corail qui produisent de 2000 à 3000 francs de bénéfice; pour les petits bateaux, il faut compter environ la moitié.

Il est défendu à tous les hommes du bord, patron et matelots, de vendre du corail; les vendeurs sont les armateurs, à moins qu'ils ne soient eux-mêmes manufacturiers. Les marchés les plus importants sont Bone et la Calle, et l'on y apporte même les coraux pêchés sur les côtes d'Espagne et de France, lésquels, quoique de qualité moins belle que ceux d'Algérie, passent au milieu de la masse de ces derniers, de telle sorte que le corail pêché aux côtes de France n'arrive aux manufactures françaises qu'après avoir passé par les marchés d'Italie.

Dans le commerce, on distingue plusieurs qualités de corail.

1° Le *corail mort* ou *pourri*. On désigne ainsi les racines de zoanthodème, recouvertes de dépôts pierreux, de bryozoaires; leur valeur varie de 5 à 20 fr. le kilogr.

2° Le *corail noir*, qui n'est autre chose que du corail détaché du rocher, tombé dans la vase où il a séjourné un certain temps et modifié plus ou moins profondément par des émanations sulfureuses : on l'emploie comme bijou de deuil, et il vaut de 12 à 15 fr. le kilogr.

3° Le *corail en caisse* est la réunion de morceaux de toutes les grosseurs, des débris les plus vils jusqu'aux plus beaux rameaux; c'est le corail tel qu'il a été rapporté de la pêche. Son prix, qui est très-variable, peut aller de 45 à 70 fr. le kilogr.

4° Le *corail de choix*. C'est l'ensemble des plus beaux rameaux, mis à part par les armateurs, et vendus par eux soit à la pièce, soit au poids. Cette qualité vaut en moyenne de 400 à 500 fr. le kilogr.

5° Le *corail blanc*. Enfin on rencontre aussi, mais très-rarement, du corail blanc, qui ne diffère du rouge que par la couleur, et qu'on ne doit regarder par conséquent que comme une variété. Les pêcheurs prétendent que c'est une maladie du corail qui lui enlève sa teinte rouge ordinaire; il est certain que le corail rouge perd sa couleur sous l'action de la chaleur, et qu'il devient noir sous l'influence de l'acide sulfhydrique : toutes circonstances que Vogel explique par la présence dans le corail d'oxyde rouge de fer. Il serait intéressant de déterminer si cette présence, mise en doute par MM. Pelouze et Fremy, est bien certaine; et si, dans ce cas, l'état de corail blanc ne serait point dû à la disparition du fer, c'est-à-dire à une véritable chlorose.

La valeur commerciale du corail dépend de la forme des rameaux; s'ils sont grêles et buissonneux comme c'est ordinairement le cas pour ceux que l'on pêche sur les côtes de France et d'Espagne, il est plus difficile de les débiter et le déchet est plus considérable. Mais il faut surtout que les branches soient intactes : or il arrive souvent, pour le corail d'Oran en particulier, qu'elles sont perforées dans tous les sens par de petites annélides voisines des serpules ou par des éponges. Enfin la teinte plus ou moins rouge, plus ou moins transparente, influe beaucoup aussi sur la valeur du corail : c'est là une affaire de mode. C'est surtout le corail rose qui a un grand prix dans l'Europe occidentale; il y est du reste très-peu recherché relativement à ce qui a lieu dans les pays chauds. Dans nos pays, le diamant lui dispute avec avantage la prééminence; mais l'Asie tout entière, l'Inde, la Chine, le centre de l'Afrique et de l'Amérique en enlèvent la plus grande partie; il paraît que les mahométans de l'Arabie heureuse ensevelissent tous les morts avec un chapelet de corail au cou, et tous les Orientaux en ornent leurs vêtements, leurs armes et jusqu'aux murs de leurs habitations.

Quelques mots enfin sur la manufacture du corail. C'est en Italie, à Naples, à Livourne, à Gênes que se taille presque tout le corail qui vient de nos possessions algériennes; il y avait autrefois beaucoup de manufactures à Marseille; mais aujourd'hui elles ont presque entièrement disparu; à Paris, on taille très-peu, si ce n'est

Digitized by Google

quelques camées de choix, mais on y monte beaucoup de corail et l'on fait des bijoux; enfin on le travaille aussi à Alger et à Bone.

Le corail sort des manufactures sous quelques formes principales que le bijoutier utilise ensuite; ces formes sont :

Les perles de toute grosseur, unies ou à facettes;

Les olives;

Les sculptures variées;

Enfin le *corail arabe*, formé de portions de tiges polies et percées suivant leur axe.

Quant à la manière dont le travail lui-même s'effectue, il suffit de dire que le corail d'abord dégrossi avec la lime est ensuite usé sur des disques horizontaux analogues à ces tours que les opticiens emploient pour tailler les cristaux et le verre, et par l'intermédiaire d'une pâte formée d'eau et d'un émeri qui, d'abord d'un grain très-gros, est employé à la fin sous la forme d'une poussière impalpable. La fabrication des perles à facettes, par exemple, est très-simple et extrêmement rapide: un ouvrier chargé de débiter les rameaux fait des entailles sur les tiges avec une lime et détache ensuite les morceaux avec une grosse tenaille; les petits cylindres qui en résultent sont percés suivant leur axe au moyen d'un foret vertical, et le trou ainsi produit sert à emmancher la pièce et permet de la manier plus commodément; celle-ci est alors usée grossièrement sur un grès et amenée à la forme ronde; la perle qui en résulte passe aux mains des polisseuses qui présentent ces diverses parties au frottement d'un disque métallique tournant avec rapidité et recouvert d'émeri plus ou moins fin. Les facettes sont produites en un clin d'œil avec une régularité admirable. Il ne reste plus qu'à donner un dernier poli.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

#### Physiologie du système nerveux des Mollusques.

Dans la classification de Cuvier, encore adoptée par la plupart des naturalistes, bien que modifiée par quelques-uns, après l'embranchement des Zoophytes, vient, dans l'ordre de complication croissante, celui des Mollusques. J'adopte pour l'ordre de mes leçons cette classification, parce qu'elle est fondée sur l'étude du système nerveux. Chez les Mollusques, le système nerveux, dans les types les plus nets, est formé essentiellement par deux ganglions situés l'un au-dessus, l'autre au-dessous de l'œsophage. Le *ganglion sus-œsophagien* peut être comparé au cerveau des animaux supérieurs, et le *ganglion sous-œsophagien*, nommé *ganglion pédieux* par un grand nombre d'anatomistes, représente plus ou moins complétement le reste du système nerveux. Ces deux ganglions sont reliés l'un à l'autre par deux cordons qui naissent des parties latérales d'un des ganglions, et passent l'un à droite, l'autre à gauche de l'œsophage pour aller se rendre à l'autre ganglion en formant ainsi une sorte de collier, le *collier œsophagien* au milieu duquel passe l'œsophage. Ce type est plus ou moins modifié suivant les degrés de perfectionnement de l'organisme.

On peut diviser les Mollusques en procédant de bas en haut en cinq classes : les *Bryozoaires*, les *Tuniciers*, les *Acéphales*, les *Céphalophores* ou *Céphalidés*, et enfin, les *Céphalopodes*. Le système nerveux devient de plus en plus compliqué au fur et à mesure que l'on se rapproche de ces derniers. Il se compose, d'ailleurs, comme partout, de parties centrales et de parties conductrices; mais la structure caractéristique de ces parties devient aussi de plus en plus manifeste, en allant des classes inférieures aux supérieures.

Les Bryozoaires avaient été décrits par Trembley, à côté des polypes d'eau douce, et ils avaient été rangés aussi par Cuvier et par d'autres naturalistes au rang des Zoophytes. Au premier coup d'œil, ils ont, en effet, une ressemblance très-grande avec ces animaux, et forment, pour ainsi dire, une transition entre les deux embranchements. Depuis lors, on les a étudiés de plus près, grâce au microscope, et l'on a reconnu qu'ils ont une organisation bien supérieure à celle des Zoophytes: leur nom leur a été donné par M. Ehrenberg qui le premier en a fait une classe distincte. Ces animaux, qui habitent la mer pour le plus grand nombre et les eaux douces pour quelques-uns, présentent une peau encroûtée de sels calcaires ou de chitine et possèdent déjà une structure assez complexe. Ils ont un canal digestif complet, avec des organes reproducteurs. Leur bouche est entourée d'appendices non-rétractiles et garnis de cils, que M. Van Beneden a proposé d'appeler *branchiules* pour rappeler leur rôle physiologique; ces appendices sont en effet des organes respiratoires. Ils vivent en agrégations plus ou moins nombreuses formant des sortes de polypiers. Comme types de cette classe, on peut citer les *Cristatelles*, les *Plumatelles*, les *Alcyonelles*, les *Pédicellinés*, les *Flustres*, les *Rétépores*, les *Vésiculaires*, etc.

Leur système nerveux est encore assez simple; il y a un seul ganglion, le ganglion dit *cérébroïde*. Mais j'appelle votre attention sur un fait bien intéressant signalé par M. Fritz Müller. Outre ce ganglion isolé, ce naturaliste a décrit un système nerveux commun à toute une colonie, à tout un polypier, et mettant, par une sorte de plexus, les ganglions de tous les individus en relation les uns avec les autres. Ce plexus est ce qu'il appelle le *système nerveux colonial*. Sur une espèce de *Serialaria* le faux polypier se divise dichotomiquement; de chaque

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18, 25, 27, 29 et 33 de la seconde.

Digitized by Google

division se détachent des individus sous forme de bourgeons. Un plexus nerveux parcourt les tiges, donne des divisions aux branches et de ces divisions partent des filets nerveux qui se rendent au ganglion de chaque individu. Grâce à ce système nerveux colonial, comme l'appelle M. F. Müller, la colonie peut se mouvoir tout entière, et une excitation produite sur un des individus peut se transmettre à toute l'agrégation.

Nous passons à des animaux plus compliqués, aux *Tuniciers* qui ont été ainsi nommés par Lamarck. Les Tuniciers ne vivent pas libres, ils sont fixés aux roches ou autres corps marins ; leur peau offre une constitution chimique très-remarquable qui a été étudiée par MM. Schmidt, Lowig et Kölliker. Elle est formée en grande partie de cellulose, encroûtée de sels calcaires. Les Tuniciers présentent l'aspect de petits sacs à deux ouvertures, l'une pour l'entrée, l'autre pour la sortie du liquide, ils ont une cavité respiratoire qui est remplie d'une branchie en forme de poumon; autour du tube digestif il y a du sang encore à l'état vague; cependant un vaisseau joue le rôle de cœur ; il pousse le sang alternativement dans un sens et dans l'autre, de telle sorte que telle partie des vaisseaux joue alternativement le rôle d'une artère et le rôle d'une veine. Ces animaux offrent encore une particularité bien remarquable, c'est celle qui est relative à leur reproduction. On sait, en effet, qu'ils présentent au plus haut degré ce type de reproduction que l'on a désigné sous le nom de générations alternantes.

Mais laissons ces questions qui nous entraîneraient trop loin de notre sujet et examinons le système nerveux des Tuniciers.

Ici encore nous trouvons une seule masse ganglionnaire, située à la face dorsale, comme dans les Ascidies, par exemple, masse qui peut, comme chez les Salpes, être formée de plusieurs ganglions jaunâtres envoyant des filets nerveux dans toutes les directions. On trouve parfois chez les Tuniciers des organes des sens, il en est qui possède huit yeux, quelquefois des vésicules auditives. Chez ces animaux, on n'a aucune notion précise sur la physiologie du système nerveux.

Les Acéphales sont plus connus, ils forment de nombreux genres garnis de coquilles bivalves, dont les principaux types sont l'huître, la moule, le peigne, le solen, l'anodonte, l'avicule, etc. Le système nerveux de ces animaux est constitué essentiellement par six ganglions. De chaque côté de leur bouche, qui est garnie de quatre palpes labiaux, il y a deux ganglions antérieurs qui sont réunis par une commissure mais non par un collier. De ces ganglions partent deux filets nerveux qui vont aboutir à deux ganglions qui se trouvent à l'extrémité de l'animal. Ces deux ganglions postérieurs sont eux-mêmes réunis par un connectif, et l'ensemble forme un anneau allongé qui embrasse le tube intestinal tout entier et forme une sorte de collier intestinal. On trouve de plus ordinairement chez les Acéphales qui ont un pied, deux ganglions abdominaux ou pédieux, reliés l'un à l'autre, quelquefois confondus en un seul et unis aux ganglions antérieurs par des connectifs. L'on reconnaît ici facilement les caractères morphologiques ordinaires du système nerveux; les ganglions présentent une coloration assez tranchée, jaunâtre ou orangée, qui permet de les distinguer assez aisément : mais on ne peut pas en général y trouver de cellules ganglionnaires; et ils semblent alors être entièrement formés de matière nerveuse granuleuse amorphe. Ces ganglions envoient des filets aux principaux organes et c'est ici que nous trouvons pour la première fois un système nerveux splanchnique ou sympathique dont les filaments partent des cordons de communication et vont se rendre aux organes digestifs, au cœur et aux organes génitaux. Ces filaments ne présentent aucun renflement ganglionnaire sur leur trajet.

Nous arrivons aux animaux que Siebold a nommés *Céphalophores*, et que MM. Gervais et Van Beneden proposent d'appeler *Céphalidés*. On a divisé cette classe en trois sous-classes, les Ptéropodes, les Hétéropodes et les Gastéropodes. Nous laisserons de côté les Hétéropodes dont la constitution offre une très-grande analogie avec les Acéphales. Chez les autres, le collier nerveux œsophagien offre les caractères typiques, et nous trouvons dans les ganglions des cellules nerveuses bien distinctes.

Vous connaissez les discussions célèbres de Cuvier et de Geoffroy Saint-Hilaire sur l'unité de composition, discussions qui ont passionné le monde savant et qui ont été la source de si grands progrès en anatomie philosophique. Ces discussions n'auraient pas eu lieu si l'on avait envisagé les organites, et non les organes. Dans tout le règne animal, il y a la plus admirable unité de structure, la plus grande analogie des éléments anatomiques. Je ne prends que deux exemples bien saillants, les muscles et le système nerveux. Vous savez tous qu'il y a deux ordres de muscles, les uns sont constitués par des fibres lisses, les autres par des fibres striées. Les fibres lisses se rencontrent avec les mêmes caractères dans toute la série animale. Chez un certain nombre d'animaux, elles existent seules. Les fibres striées se retrouvent dans les trois grands embranchements les plus élevés. Elles sont très-répandues chez les Annelés ou les Articulés, existent chez certains Mollusques, par exemple dans les muscles rétracteurs des peignes. Les éléments anatomiques du système nerveux présentent une assez grande constance de formes dans la série animale. Cette uniformité est surtout bien remarquable lorsque l'on considère les cellules nerveuses dans les différents groupes des Mollusques, des Annelés et des Vertébrés.

Chez les Mollusques, comme dans les deux embranchements qui nous restent à voir, les ganglions nerveux ont pour éléments anatomiques figurés des cellules constituées par de grandes vésicules contenant une matière

Digitized by Google

finement granuleuse au milieu de laquelle on voit un noyau, et ces cellules sont munies de prolongements. Ici, le noyau est remarquable par ses énormes dimensions qui s'expriment par des centièmes de millimètres. Ce noyau est souvent pourvu de nucléoles et présente un aspect particulier qu'il doit à des granulations assez grosses. Souvent la cellule contient, comme chez les vertébrés, outre le noyau, du pigment plus ou moins coloré qui lui donne une teinte rougeâtre ou orangée, si fréquente chez les Gastéropodes. Quant aux prolongements, ils constituent l'origine ou la terminaison des fibres nerveuses.

Y a-t-il dans le système nerveux des Mollusques des cellules ayant des caractères morphologiques distincts? Retrouve-t-on ici quelques-unes des formes qui ont fait classer par certains anatomistes les cellules de la moelle épinière en espèces anatomiquement et physiologiquement distinctes? M. Salvatore Trinchèse a répondu affirmativement à cette question. Il y aurait, suivant lui, des cellules motrices et aux cellules sensitives. J'ai examiné bien attentivement et à bien des reprises la structure des ganglions de ces animaux, j'ai dessiné un grand nombre des cellules qui les constituent et je ne vois pas qu'une pareille distinction ait le moindre fondement solide. Le fait d'une différence caractéristique entre les diverses cellules sous le rapport de la forme, suivant qu'elles sont motrices ou sensitives, fait si peu prouvé pour les Vertébrés, est ici bien plus douteux encore. Relativement aux dimensions, tout ce que l'on peut dire, c'est que les ganglions cérébroïdes contiennent plus de petites cellules que les autres ganglions. Toutes les cellules sont-elles munies de plusieurs prolongements? Cela est possible; les idées actuelles sur le mécanisme de l'innervation centrale conduiraient même à affirmer que toutes les cellules sont au moins bipolaires. Mais pourquoi ne pas le dire? En dépit des présomptions théoriques, on rencontre ici un certain nombre de cellules apolaires et de nombreuses cellules unipolaires. Il est vrai du reste que les prolongements des cellules nerveuses se rompent très-facilement, de façon que l'on ne peut présenter ces résultats qu'avec beaucoup de réserve.

Comme type, ici l'on trouve trois paires de ganglions : 1° Deux ganglions souvent réunis sur la ligne médiane, situés au-dessus de l'œsophage (ganglions sus-œsophagiens ou cérébroïdes), qui donnent naissance aux nerfs des tentacules, des yeux, de plusieurs parties de la tête, quelquefois aux capsules auditives; d'autres fois celles-ci reçoivent leurs nerfs des ganglions inférieurs. 2° Deux ou plusieurs ganglions, quelquefois plus ou moins confondus, situés au-dessous de l'œsophage (ganglions sous-œsophagiens ou ganglions pédieux), disposés suivant une ligne et d'autres fois en cercle. Il y a toujours là plusieurs ganglions réunis, mais qui n'affectent jamais la disposition de série longitudinale comme chez les Annelés. Ces ganglions sont réunis aux ganglions cérébroïdes par deux connectifs de chaque côté, lesquels forment ainsi un double collier œsophagien. 3° Il y a enfin deux petits ganglions situés aussi au-dessous de l'œsophage près de l'orifice buccal, qui sont reliés par des connectifs grêles aux ganglions cérébroïdes, et qui donnent des filets à l'appareil buccal, aux glandes salivaires, à l'œsophage et à l'estomac, ce sont les *ganglions labiaux*.

Outre ces ganglions, en quelque sorte fondamentaux, on trouve des ganglions en nombre variable, destinés surtout aux appareils de la circulation, de la respiration et de la digestion. Ainsi, on retrouve chez certains Gastéropodes (*Éolidiens*, par exemple,) un ganglion que M. Blanchard appelle *branchio-cardiaque*.

Les variations de la partie principale du système nerveux portent surtout sur le degré plus ou moins grand de coalescence des ganglions symétriques. Parfois les ganglions nerveux sus et sous-œsophagiens sont rapprochés de la face supérieure de l'œsophage, de telle sorte que l'on croirait qu'il n'y a que des ganglions cérébroïdes reliés par une commissure sous-œsophagienne; d'autres fois c'est l'inverse.

Les filets nerveux qui partent des ganglions présentent très-souvent des cellules nerveuses sur leur trajet, et surtout près de leurs extrémités périphériques. Ces cellules sont pour la plupart unipolaires : du moins c'est à ce type que se rapportent presque toutes celles que j'ai vues et dessinées. M. Martini a signalé des renflements ganglionnaires assez volumineux relativement qui se trouveraient suivant lui sur un grand nombre de filaments nerveux destinés à la peau et aux organes des sens. Ils n'existeraient pas, au contraire, sur le trajet des nerfs essentiellement musculaires, tels que ceux du pied (*Compt. rend. de l'Ac. des sc.*, 1860). — Chez l'escargot, j'ai bien vu des cellules sur les filaments nerveux destinés à la peau; j'ai constaté que chaque nerf tentaculaire, après avoir donné le nerf optique, se termine par un renflement conique correspondant au bouton terminal du tentacule, à base dirigée vers la peau. Cette base est formée par une agglomération de cellules nerveuses, lesquelles sont coniques ou fusiformes, granuleuses, et contiennent un noyau muni d'un nucléole. Mais je dois dire qu'il y a aussi des cellules nerveuses sur les filaments nerveux destinés aux muscles du pied.

M. Trinchèse a décrit un mode particulier de terminaison pour les fibres nerveuses musculaires. D'après lui, chaque fibre musculaire serait parcourue dans sa partie centrale, et dans toute sa longueur, par un filament qui serait le filament terminal d'une fibre nerveuse. M. Rouget a montré que ce prétendu filament terminal n'est qu'une cavité centrale de la fibre musculaire, telle qu'on en trouve une dans les fibres musculaires de beaucoup d'Articulés.

Nous trouvons chez les Gastéropodes un système nerveux splanchnique constitué surtout par les deux ganglions labiaux, nommés encore *pharyngés inférieurs* ou *stomatogastriques*, déjà signalés par Cuvier, comme faisant partie du système grand sympathique. Ces ganglions sont

Digitized by Google

réunis entre eux par une commissure et communiquent par des filets nerveux avec les ganglions cérébroïdes. Chez plusieurs Gastéropodes, l'*Aplysia*, par exemple, il y a de plus un appareil nerveux splanchnique postérieur formé par un seul ganglion, et chez les Pleurobranches, il y a deux ganglions.

Enfin nous arrivons à la cinquième classe, à celle des Céphalopodes, à laquelle appartiennent les Nautiles, les Argonautes, les Poulpes, les Sèches, les Calmars. Ce sont les Mollusques les plus élevés comme organisation; ils se rapprochent des Vertébrés à bien des égards, même en passant au-dessus des Articulés. Ils possèdent un rudiment de squelette interne, ils ont des cartilages analogues, comme structure, aux cartilages des Vertébrés. On y trouve, en effet, un cartilage dorsal, des cartilages d'articulation, un cartilage brachial (Sèche); mais le cartilage le plus remarquable est le cartilage céphalique, qui forme une cavité crânienne complétée par une membrane fibreuse. Ce cartilage, déjà connu d'Aristote, constitue une boîte percée de trous pour le passage des nerfs, creusée en avant d'une fossette destinée à recevoir le ganglion cérébroïde et contenant dans ses parties inférieures les organes auditifs. On y distingue même une sorte d'orbite incomplète.

Le système nerveux de ces Mollusques est très-développé. Il y a un ganglion sus-œsophagien, cérébroïde, sillonné à sa partie moyenne par une gouttière transversale qui le partage en deux portions dont la partie postérieure était regardée par Cuvier comme le cervelet. Mais rien n'est venu confirmer cette manière de voir. D'après M. Hancock, la surface du cerveau du Poulpe (*Octopus vulgaris*) présente des inégalités distinctes ayant une ressemblance considérable avec les circonvolutions rudimentaires de quelques-uns des Vertébrés supérieurs.

Le ganglion cérébroïde est relié au ganglion inférieur qui est plus considérable par deux larges et courtes commissures latérales. Ce ganglion cérébroïde fournit des nerfs aux diverses parties de la bouche; il fournit aussi les nerfs optiques par ses parties latérales.

Quant au ganglion inférieur, qui est quelquefois désigné sous le nom de *ganglion en forme de patte d'oie*, il donne de nombreuses branches nerveuses, entre autres les nerfs des bras. Ces nerfs sont très-remarquables. Suivant M. Hancock, dans les espèces où le ganglion pédieux est divisé en deux parties on voit chaque nerf brachial naître par deux racines, une provenant de chaque partie du ganglion. A une certaine distance de leur origine ces nerfs se réunissent les uns aux autres par une commissure courbe. Au delà de cette commissure, chaque nerf (chez les Octopodes, par exemple), ainsi que le décrit M. Van Beneden, se montre constitué par deux cordons accolés, dont l'un est lisse et l'autre se renfle alternativement à droite et à gauche. Les nerfs qui naissent des renflements ganglionnaires sont destinés surtout aux ventouses. On peut se demander si, comme les racines postérieures, ganglionnaires, des Vertébrés, il sont seulement sensibles.

Outre les nerfs des bras, le ganglion inférieur fournit des nerfs au manteau. Chaque nerf avant de s'épanouir présente un ganglion, le *ganglion étoilé*. Le ganglion inférieur fournit aussi des nerfs branchiaux pourvus d'un ganglion à l'endroit où ils se divisent en rameaux et un nerf impair, qui vient en partie du ganglion buccal, destiné aux viscères et pourvu également d'un ganglion à son extrémité.

Chez ces animaux il y a une petite masse ganglionnaire située sur l'œsophage et formée par la réunion de deux ganglions, c'est le ganglion buccal qui est relié par des connectifs au ganglion cérébroïde. Quelquefois il y a en outre un ganglion labial, qui est sous l'œsophage et est relié aussi au ganglion cérébroïde par deux connectifs. Ce sont ces ganglions qui constituent le système stomatogastrique ou système sympathique, complété par les ganglions branchiaux et le ganglion viscéral.

La physiologie du système nerveux des Mollusques se réduit encore ici presque exclusivement à des inductions fondées sur l'anatomie. Ces inductions sont assez claires pour certains points; mais elles sont très-insuffisantes pour d'autres.

Je vous rappelle, relativement aux nerfs des Mollusques, ce que je vous ai dit dans une autre leçon. Ces nerfs sont mis en activité aussi bien par les excitants mécaniques (pincement) que par les excitants galvaniques. Les excitants chimiques n'ont pas la même action que sur les nerfs des Vertébrés. Ainsi, la glycérine, l'acide lactique, mis sur les nerfs d'un escargot, lorsque ces nerfs sont séparés des centres nerveux, ne déterminent aucune contraction des muscles. Mis en contact directement avec les muscles, ils provoquent, au contraire, des contractions plus ou moins vives.

Ces animaux ont des instincts, à n'en pas douter. Instincts de nutrition, de propagation; quelques-uns même ont des instincts plus spéciaux : témoins ces Mollusques qui perforent des trous dans les roches pour s'y faire une demeure (Pholades). Où siége l'instinct chez ces animaux? L'analogie indique que c'est dans ces ganglions cérébroïdes. Mais ce n'est qu'une analogie et l'on ne peut rien affirmer. Nous avons fait des expériences dans le but de nous éclairer sur ce sujet. A plusieurs reprises nous avons enlevé, soit sur des limaces, soit sur des escargots, le ganglion sus-œsophagien; mais jusqu'ici aucun de ces animaux ne s'est assez rétabli pour que l'on pût faire des études sur les instincts.

Ces expériences m'ont montré en tout cas une différence bien grande entre les ganglions cérébroïdes et les ganglions sous-œsophagiens, sous le rapport de leur influence sur la vie. Remarquez bien que l'extirpation du ganglion sous-œsophagien peut se faire, lorsqu'on s'est exercé à cette opération, sans plus de dégâts que celle du ganglion cérébroïde, de telle sorte que la différence

Digitized by Google

des résultats ne saurait être attribuée à la gravité plus ou moins grande de l'opération. Or, si l'on enlève le ganglion sous-œsophagien, l'animal meurt ordinairement en vingt-quatre heures, tandis qu'il survit quatre ou cinq semaines à l'extirpation du ganglion cérébroïde; et pendant tout ce temps, remarquez l'analogie avec les Vertébrés que je vous ai montrés privés de cerveau, le Mollusque ne fait aucun mouvement de progression : si c'est un escargot, il demeure au fond de sa coquille. Le résultat est le même, si l'on divise sur la ligne médiane, en deux moitiés latérales, le ganglion sus-œsophagien.

Cette différence dans les résultats de l'extirpation des ganglions *encéphaloïdes* et de celle des ganglions *sous-œsophagiens* se comprend facilement à cause des différences de relations anatomiques. Des ganglions sous-œsophagiens partent des nerfs en grand nombre, qui se rendent à des organes essentiels à la vie, tandis que les organes qui sont animés par des nerfs venus des ganglions encéphaloïdes n'ont pas des fonctions aussi nécessairement liées à l'entretien de la vie.

L'excitation galvanique nous donne aussi des résultats bien différents. L'excitation du ganglion cérébroïde ne produit que de faibles effets; l'excitation du ganglion sous-œsophagien produit une agitation musculaire bien plus grande et bien plus générale.

J'ai voulu voir si la galvanisation de ces ganglions n'aurait pas d'action sur le cœur. Avec les courants intermittants je n'ai rien observé; avec les courants continus, il y a souvent un arrêt du cœur en diastole lorsqu'on galvanise le ganglion sous-œsophagien. Lorsque je galvanisais le ganglion cérébroïde je n'observais aucun effet, ou bien je voyais se produire une accélération des mouvements du cœur. Quand le cœur avait été arrêté par la galvanisation du ganglion inférieur, il suffisait souvent de poser un moment les électrodes sur le ganglion sus-œsophagien, pour réveiller les mouvements cardiaques.

J'ai examiné aussi l'influence de l'extirpation des ganglions sur la respiration. Quand j'enlevais le ganglion céphalique, les mouvements respiratoires persistaient : contrairement à mon attente, quand j'enlevais les ganglions sus et sous-œsophagiens les mouvements rhythmiques de l'orifice respiratoire et ceux du cœur continuaient aussi. Seulement les mouvements respiratoires étaient alors un peu moins normaux que lorsque le ganglion cérébroïde avait été seul enlevé. S'il y a des centres qui, chez les animaux, sont chargés de déterminer les mouvements respiratoires et ceux du cœur, ce ne sont donc, ces expériences le montrent bien, ni le ganglion sus-œsophagien, ni le ganglion sous-œsophagien. Il est vrai qu'on ne peut pas s'étonner outre mesure de ces résultats. On sait, en effet, que les mouvements du cœur chez les vertébrés persistent lorsque cet organe est retiré du corps et par conséquent séparé des grands centres nerveux. On sait aussi, d'après les observations de M. Brown-Séquard et les nôtres que le diaphragme, même séparé de tout centre nerveux, peut offrir encore des mouvements rhythmiques.

Les poisons, curare et strychnine, n'ont presque aucun effet sur ces animaux. Cela semble indiquer une différence de constitution des éléments anatomiques; car l'action des poisons est vraisemblablement d'ordre chimique, et la résistance plus ou moins grande des éléments nerveux à cette action paraît bien impliquer une dissemblance plus ou moins marquée dans la composition de ces éléments. Mais ici encore nous ne voyons pas quelque chose de tout à fait propre à ces animaux. On trouve des différences du même genre, relativement à l'action des substances toxiques, dans toute l'étendue du règne animal. Tel animal se nourrira de plantes qui sont des poisons plus ou moins violents pour d'autres animaux. Les exemples abondent, et pour ne pas entrer dans des détails prolixes, nous nous contenterons de vous rappeler qu'il n'y a pas de végétal, si toxique qu'il puisse être, qui ne nourrisse quelque chenille ou quelque autre larve d'insecte.

Les quelques faits que je viens de vous signaler constituent à peu près tout ce qu'on sait de net sur la physiologie du système nerveux central des Mollusques. On a dit, et quelques auteurs croient encore, que le cerveau des Mollusques peut se reproduire après l'extirpation. C'est là une expérience bien difficile, du moins comme on la fait d'habitude. Lorsque l'on coupe la tête d'un colimaçon, à moins d'enlever, sur l'animal bien développé, une grande longueur du cou, on laisse d'ordinaire le cerveau intact. Il faudrait, pour être sûr du résultat, pratiquer, comme je l'ai fait, une petite plaie sur les côtés du cou de l'animal, et chercher à extirper les ganglions nerveux isolément : Avec un peu d'exercice on arrive assez vite à faire cette opération sans produire de grands délabrements. Il faut de plus instituer les expériences vers la fin de l'automne, au moment où la vie de ces animaux devient moins active, et où la température moins élevée rend les suites immédiates de l'opération moins dangereuses. J'ai fait un certain nombre d'expériences dans ces conditions, mais jamais je n'ai obtenu une survie assez prolongée pour qu'il pût y avoir quelques résultats bien saillants.

D'ailleurs rien n'indique à priori que cette reproduction ne pourrait pas s'effectuer. Il est bien avéré que des queues de Salamandres peuvent repousser et qu'on voit alors s'y reproduire une partie plus ou moins longue de la moelle épinière. On a observé chez les Naïdes et chez les Planaires des reproductions bien manifestes de cerveau. Les recherches de Dugès ont donné de très-curieux résultats sur ce point et nous les avons obtenus bien des fois. On fait une section longitudinale séparant le corps d'une Planaire en deux portions dans sa moitié antérieure; ces deux moitiés ne se soudent pas, elles restent distinctes; chacune d'elles se complète par la régénération d'une moitié symétrique, et il en résulte que bientôt on obtient un monstre à deux têtes, qui

Digitized by Google

même a deux volontés ; car l'une des deux têtes cherche à entraîner le corps dans telle ou telle direction, tandis que l'autre tête fait le plus souvent des efforts dans un sens contraire.

Le fait de la reproduction des ganglions cérébroïdes de l'escargot n'a donc rien d'impossible en principe. Mais il n'a pas été observé encore d'une façon certaine, et il serait fort intéressant, parce qu'il s'agirait d'animaux dont les ganglions sont plus considérables et ont une importance physiologique sans doute plus grande que ceux des Naïdes ou des Planaires. C'est donc une expérience à tenter de nouveau dans les conditions que je viens de déterminer.

Je ne vous parlerai pas de la physiologie des organes des sens chez ces animaux; vous savez que j'ai été obligé de laisser de côté tout ce qui regarde cette partie de la physiologie, le temps dont nous disposons ne me permettant pas de l'aborder. Je ne vous dirai qu'un mot relativement à l'odorat dont M. Moquin-Tandon plaçait le siége dans les tentacules oculifères. Pour lui, l'organe olfactif serait le bouton terminal de chacun de ces tentacules. Il est certain que ces tentacules, comme le démontrent les expériences de M. Moquin-Tandon, et comme je l'ai vu moi-même, sont très-vivement impressionnés par les odeurs, surtout il est vrai par celles qui peuvent avoir une action physico-chimique sur leur tégument toujours humide. Mais il m'a semblé que presque toutes les parties de la surface tégumentaire offrent une impressionnabilité presque égale, ce dont on peut s'assurer surtout lorsqu'on a excisé les tentacules oculifères et qu'on renouvelle les essais qu'on avait faits auparavant.

E. Brémond.

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIQUE VÉGÉTALE (1).

COURS DE M. GEORGES VILLE.

### Combinaison des éléments organiques et des éléments minéraux pour former le végétal.

Messieurs,

Dans notre première leçon, nous avons énuméré les éléments de la production végétale, et nous les avons classés en deux groupes, les éléments organiques et les éléments minéraux. Je me propose aujourd'hui de rechercher avec vous l'ordre dans lequel ces divers éléments se réunissent pour former cette combinaison chimique particulière que l'on appelle le végétal.

Pour parvenir à quelque connaissance précise sur ce sujet, la première chose que nous ayons à faire est d'étudier le végétal tout formé, d'examiner comment les éléments s'y trouvent distribués, pour nous élever ensuite aux raisons qui ont pu déterminer la répartition observée.

Commençons cette étude par les éléments minéraux. La comparaison des nombreuses analyses que possède la science, nous révèle un premier fait, c'est que la quantité des éléments minéraux est très-inégale, et qu'en général, elle est beaucoup plus grande dans les plantes herbacées que dans les végétaux ligneux.

100 PARTIES DE VÉGÉTAUX DESSÉCHÉS CONTIENNENT :

| Arbres (d'après *Berthier*). | Cendres. | Herbes. | Cendres. |
|---|---|---|---|
| Peuplier | 0,20 | Foin | 3,70 |
| Érable | | Maïs | 4,10 |
| Bourdaine | | Lin | 4,10 |
| Liége | | Seigle (paille) | 4,10 |
| Sapin | 0,83 | Froment (paille) | 4,40 |
| Bouleau | 1,00 | Topinambours | 8,40 |
| Faux ébénier | 1,25 | Pois | 8,10 |
| Noisetier | 1,57 | Luzerne | 8,90 |
| Mûrier blanc | 1,60 | Vesces | 10,10 |
| Sureau | 1,60 | Tabac (Havane) | 11,25 |
| Acajou | 1,60 | Tabac (Nord) | 18,67 |
| Ébène | 1,60 | | |
| Moyenne | 0,94 | Moyenne | 7,80 |

La proportion moyenne des agents minéraux étant dans les arbres de 1 pour 100 environ, dans les herbes, s'élève presque à 8 pour 100.

Qu'au lieu de comparer des végétaux différents, on compare entre elles les diverses parties d'un même végétal, on arrive à des résultats complétement analogues. Les parties ligneuses sont moins riches en minéraux que les parties herbacées. C'est ce que montre le tableau suivant :

CENDRES CONTENUES DANS 100 PARTIES SÈCHES DE

| | Bois. | Aubier. | Écorce. | Feuilles. |
|---|---|---|---|---|
| Mûrier | 0,70 | 1,30 | 8,90 | 15,10 |
| Peuplier | 0,80 | » | 7,20 | 14,00 |
| Noisetier | 0,50 | » | 6,50 | » |
| Noyer | » | » | » | 13,50 |
| Chêne | 0,20 | 4,00 | 6,60 | » |
| Moyennes | 0,55 | 2,65 | 7,30 | 14,16 |

La loi qui règle cette distribution est facile à découvrir. Concevez deux capsules contenant toutes deux la même quantité d'une dissolution saline, avec cette seule différence que l'une des capsules est exposée à un feu plus ardent que l'autre. il est manifeste que le liquide diminuera plus vite dans la première, et qu'il s'y formera un dépôt de sel plus abondant. La même chose se passe au sein des végétaux. Leurs divers organes sont le siége d'une évaporation inégalement active, suivant le degré de compacité de leurs tissus, et suivant la fonction qu'ils remplissent. Les herbes, formées de tissus presque sans cohésion, sont le siége d'une évaporation plus active que les arbres dont les tissus, plus denses, se prêtent moins à la diffusion des liquides et à leur évaporation. Les herbes contiennent plus de minéraux que les arbres, parce qu'elles possèdent une puissance d'absorption et d'évaporation supérieure.

Ce que je dis des herbes par rapport aux arbres, je puis le dire au même titre des feuilles par rapport à l'écorce, de celle-ci par rapport à l'aubier et au bois.

Concluons donc d'une manière générale que *c'est l'intensité de l'évaporation à la surface des organes qui détermine la quantité de matières minérales qui s'y concentrent.*

Cette loi explique les différences que nous venons de constater à la fois entre les végétaux différents, et entre les diverses parties d'un même végétal.

Quelques exemples d'un autre ordre viendraient au besoin justifier la vérité de cette explication.

(1) Voy. le n° 32.

Digitized by Google

Les arbres toujours verts forment, pendant l'hiver, une artie de leurs feuilles. Cette saison étant moins favorable à évaporation des liquides que l'été, on doit trouver dans les euilles de ces arbres moins de principes minéraux que dans s feuilles qui poussent au printemps et tombent à l'aumne. La différence va, en effet, du simple au triple comme montrent les exemples suivants :

MINÉRAUX CONTENUS DANS 100 PARTIES DE FEUILLES :

| Persistantes. | | Caduques. | |
|---|---|---|---|
| Rhododendron | 3,0 | Chêne | 5,3 |
| Pin | 0,8 | Mûrier | 6,1 |
| Airelle | 2,2 | Noisetier | 8,4 |
| Moyenne | 2,0 | Moyenne | 6,6 |

Dans les fruits de légumineuses, la gousse, qui est en rapport avec l'atmosphère, évapore plus que la graine qu'elle enferme, aussi la trouve-t-on plus chargée de minéraux :

MINÉRAUX DANS 100 PARTIES SÈCHES

| | De gousses. | De graines. |
|---|---|---|
| Haricots de Soissons | 6,70 | 3,30 |
| — flageolets | 5,60 | 3,10 |
| — blancs | 7,00 | 3,43 |
| — noirs | 5,70 | 3,10 |
| Pois chiches | 5,50 | 3,20 |
| Fèves | 5,06 | 3,15 |
| Moyennes | 5,92 | 3,41 |

Dans les graines, le tégument évapore nécessairement plus que l'amande qu'il recouvre, aussi admet-il plus de minéraux dans sa composition.

MINÉRAUX DANS 100 PARTIES SÈCHES

| | De tégument. | D'amande. |
|---|---|---|
| Froment | 5,30 | 0,60 |
| Orge | 2,74 | 0,60 |
| Millet | 7,00 | 3,00 |
| Seigle | 4,50 | 2,00 |
| Moyennes | 4,88 | 1,55 |

Ces exemples, que l'on pourrait multiplier beaucoup, suffiront, je pense, à vous convaincre de la vérité du principe que nous avons formulé à l'égard de la quantité des cendres contenues dans les végétaux d'organisation différente, ou dans les divers organes d'un même végétal. Mais nous devons pousser plus loin nos investigations et nous demander maintenant comment se trouve distribué au sein des végétaux chaque élément minéral en particulier.

Des comparaisons portant, comme précédemment, sur l'ensemble des résultats acquis à la science, nous conduisent à constater les trois faits suivants :

1° Les sels terreux prédominent dans la cendre des tiges, tandis que les sels alcalins sont plus abondants dans les graines, les fruits ou les tubercules.

En voici quelques exemples :

Dans 100 parties de cendres des plantes suivantes, il y a :

| | SELS TERREUX | | SELS ALCALINS | |
|---|---|---|---|---|
| | Dans les tiges. | Dans les graines, fruits ou tubercules. | Dans les tiges. | Dans les graines, fruits ou tubercules. |
| Topinambours | 96,00 | 25,00 | 4,00 | 75,00 |
| Pommes de terre | 94,70 | 17,30 | 5,30 | 82,70 |
| Vigne | 77,00 | 48,00 | 23,00 | 52,00 |
| Seigle | 70,10 | 48,00 | 29,90 | 52,00 |
| Pavots | 59,00 | 48,00 | 41,00 | 52,00 |
| Lin | 59,00 | 49,00 | 41,00 | 51,00 |
| Moyennes | 75,96 | 39,21 | 24,03 | 60,78 |

2° L'acide phosphorique se rencontre en quantité presque égale, mais faible dans toutes les parties du végétal, moins la graine. Dans cette dernière, au contraire, il se trouve en très-grande quantité.

PHOSPHATES CONTENUS DANS 100 PARTIES DE CENDRES PROVENANT :

| | Des tiges. | Des graines, fruits ou tubercules. |
|---|---|---|
| Topinambours | 4,00 | 55,00 |
| Pommes de terre | 13,00 | 45,00 |
| Pin de Bordeaux | 11,00 | 70,50 |
| Haricots | 9,42 | 78,70 |
| Blé | 2,00 | 100,00 |
| Seigle | 11,60 | 95,50 |
| Maïs | 14,00 | 22,00 |
| Millet de Hongrie | 8,70 | 82,00 |
| Pavot | 13,80 | 78,90 |
| Lin | 20,00 | 100,00 |
| Moyennes | 10,75 | 72,76 |

3° Les alcalis, et notamment la potasse, se trouvent en quantités croissantes dans les cendres, à mesure que l'organe dont on les extrait est plus voisin de la graine.

SELS ALCALINS CONTENUS DANS 100 PARTIES DE CENDRES DE :

| | | |
|---|---|---|
| Pin de Bordeaux | Bois | 7,20 |
| | Feuilles | 13,00 |
| | Pommes vides | 20,40 |
| | Graines | 20,60 |
| Haricots du Canada | Tiges | 19,40 |
| | Cosses | 55,00 |
| | Graines | 77,00 |
| Maïs | Tiges | 32,00 |
| | Feuilles | 34,00 |
| | Graines | 43,00 |
| Froment | Paille | 16,60 |
| | Son | 53,10 |
| | Grain décortiqué | 60,30 |
| Seigle | Paille | 26,90 |
| | Graines | 52,00 |
| Haricots | Cosses | 61,50 |
| | Graines | 77,30 |
| Pois chiches | Cosses | 37,50 |
| | Graines | 78,00 |
| Fèves de marais | Tégument | 26,60 |
| | Graines | 73,60 |

Ces trois faits, issus de l'expérience, sont-ils complétement indépendants les uns des autres, ou bien reconnaissent-ils une cause commune, une loi qui les explique et en démontre en même temps l'absolue nécessité?

Tout organe qui se forme vit d'abord aux dépens des organes antérieurement formés, dont il absorbe une partie de la substance. L'embryon qui germe puise sa nourriture dans le périsperme ou dans les cotylédons qui l'accompagnent; il ne commence à élaborer lui-même les éléments venus du sol et de l'air, qu'à partir du moment où il est pourvu de feuilles et de racines. Le bourgeon qui commence son évolution en puise les matériaux au sein de la branche ou de la tige qui le porte. La graine, enfin, dernière production de l'activité végétale, emprunte les produits dont elle se forme à toutes les parties de la plante-mère.

C'est donc, en partie, par voie de résorption que s'engendrent les productions nouvelles, et il n'en peut être autrement puisqu'elles ne sauraient posséder d'activité propre avant d'être formées. Or, cette résorption porte nécessairement sur les principes les plus solubles, c'est-à-dire sur les alcalis. C'est pourquoi la chaux, le fer, la silice, restent concentrés dans

Digitized by Google

les tiges, ou, plus généralement, dans les organes les plus anciennement formés.

L'acide phosphorique ne pénètre dans les plantes qu'en proportion relativement très-faible, et, en général, sous la forme peu soluble de phosphate de chaux. Mais, à mesure que les alcalis venus du sol parcourent les organes déjà formés, ils font passer l'acide phosphorique à l'état de phosphates alcalins ou alcalino-terreux solubles, qui cheminent vers les organes en voie de formation. C'est ainsi que l'acide phosphorique se transporte, pour ainsi dire en masse, des anciens organes vers les nouveaux, et va s'accumuler finalement dans la graine, où il joue un rôle fort important par ses combinaisons avec les matières organiques qu'il y rencontre, comme nous le verrons bientôt.

Quant à la quantité croissante des alcalis, à mesure que l'on se rapproche de la graine, elle s'explique par la moindre solubilité des sels terreux qui se déposent les premiers dans les tiges. Il en résulte, nécessairement, que plus un organe est éloigné de la racine, et rapproché, au contraire, de la graine, moins il lui parvient de sels terreux, et, par conséquent, plus il reçoit de sels alcalins. Cette quantité croissante de bases solubles est d'ailleurs indispensable pour dissoudre l'acide phosphorique que la plante assimile progressivement, et lui servir, pour ainsi dire, de véhicule pour le transporter d'abord dans toutes les jeunes pousses, et finalement dans la graine.

Si l'on pouvait concevoir quelque doute sur la fonction que nous attribuons aux alcalis, et surtout à la potasse de favoriser le transport de l'acide phosphorique, une ancienne expérience de Théodore de Saussure pourrait nous aider à le dissiper.

Versez dans une dissolution d'acétate de chaux très-diluée une petite quantité de phosphate de potasse, il se forme immédiatement un précipité de phosphate de chaux. Ajoutez un excès de phosphate de potasse et le précipité se redissout. Il existe donc un phosphate double de potasse et de chaux soluble dans l'eau, et qui peut jouer un rôle d'une certaine importance dans le transport de l'acide phosphorique. Le phosphate de soude employé dans cette expérience, ne redissout pas le précipité. La soude ne peut donc jouer le même rôle que tasse dans ce genre d'action; c'est peut-être une des raisons qui font que la soude ne peut remplacer la potasse dans l'économie végétale.

Les trois faits que nous venons de constater et d'expliquer sont donc, en définitive, corrélatifs les uns des autres, et dépendent tous trois d'une raison supérieure déduite du mode de formation propre aux végétaux.

Si la dose des éléments minéraux est réglée par l'évaporation à la surface des organes, la répartition inégale de chaque élément en particulier est la condition indispensable de la concentration des matériaux les plus essentiels à l'exercice de la vie végétale au sein de la graine, pour servir aux premiers besoins du jeune embryon.

Par leur faible proportion, les éléments minéraux paraissent au premier abord secondaires dans la vie végétale. Leur présence est pourtant indispensable au même titre que celle des éléments organiques, et l'appauvrissement que leur absorption fait éprouver au sol, peut avoir pour effet de le rendre rapidement stérile. Pour vous faire une idée de l'importance de cette absorption, il vous suffira de jeter les yeux sur le tableau suivant, où sont indiquées les quantités de matières minérales que prélèvent sur une surface d'un hectare les principales cultures :

| | |
|---|---|
| Forêts (hêtre, chêne, tremble, saule). | 53kil. |
| Topinambours | 673 |
| Pommes de terre | 123 |
| Betteraves | 199 |
| Navets dérobés | 54 |
| Pois fumés | 308 |
| Trèfle | 310 |
| Froment | 228 |
| Seigle | 141 |

Non-seulement les quantités de matières minérales, en général, varient d'une culture à l'autre, mais ces variations s'étendent à chaque élément en particulier, comme l'attestent les résultats que voici.

Dans 100 parties de cendres des végétaux suivants, il y a :

| | Chaux et magnésie. | Potasse et soude. | Acide phosphorique. | Silice. |
|---|---|---|---|---|
| Pommes de terre. | 7,2 | 51,5 | 11,3 | 5,6 |
| Betteraves | 11,4 | 45,0 | 6,0 | 8,0 |
| Navets | 15,2 | 37,8 | 6,1 | 6,4 |
| Topinambours | 4,1 | 44,0 | 10,8 | 13,0 |
| Froment | 18,8 | 29,5 | 47,0 | 1,3 |
| Paille de froment. | 13,0 | 9,5 | 3,1 | 67,6 |
| Avoine | 11,4 | 12,0 | 14,9 | 53,3 |
| Paille d'avoine | 11,1 | 28,9 | 3,0 | 40,0 |
| Trèfle | 30,9 | 27,1 | 6,3 | 5,3 |
| Pois | 22,0 | 37,8 | 30,1 | 1,5 |
| Haricots | 17,3 | 49,1 | 26,8 | 1,0 |
| Fèves | 14,7 | 45,2 | 34,2 | 0,5 |

Ces exemples montrent combien est variable le rapport des divers éléments minéraux dans les végétaux d'espèces différentes. Il semblerait que chaque plante possède la faculté de choisir dans le sol certains éléments de préférence à certains autres.

Cette sorte de pouvoir électif a dès longtemps préoccupé les savants qui en ont donné diverses explications.

La tendance qui portait les physiologistes du dernier siècle à ne voir dans les végétaux que des animaux rudimentaires, nous explique comment on a été conduit à attribuer aux plantes une sorte d'instinct qui leur permettait de choisir dans le sol les éléments qui leur convenaient le mieux.

Théodore de Saussure, voulant se rendre compte de la valeur de cette opinion, entreprit des expériences du plus grand intérêt, que je vous demande la permission de résumer en peu de mots.

Il fit dissoudre 0gr,637 de divers sels dans 793 centimètres cubes d'eau distillée, et plongea les racines d'une plante dans chacune de ces dissolutions. Lorsque la moitié du liquide avait disparu, il déterminait le poids de sel restant. En opérant ainsi, il reconnut : 1° Que, dans tous les cas, la dissolution saline se concentrait, c'est-à-dire que les plantes absorbaient plus d'eau que de sels; 2° que les sels de nature différente n'étaient pas absorbés également. Les sels de potasse passaient dans la plante en plus grande quantité que les sels de soude, ceux-ci plus que les sels ammoniacaux, les sels de chaux venaient les derniers. Cette sorte de hiérarchie se maintient à l'égard de tous les végétaux, à part de légères variations dans les quantités absolues de sel absorbé. Vous trouverez dans le tableau suivant les résultats numériques auxquels Th. de Saussure fut conduit.

Sur 100 parties de sel employé, il a été absorbé par :

Digitized by Google

| | Le *Polygonum persicaria.* | Le *Bidens cannabina.* |
|---|---|---|
| Chlorure de potassium. | 14,7 | 16 |
| Chlorure de sodium... | 13,0 | 15 |
| Sulfate de soude..... | 14,4 | 10 |
| Sel ammoniac..... | 12,0 | 17 |
| Nitrate de chaux..... | 4,0 | 8 |
| Acétate de chaux..... | 8,0 | 8 |
| Sulfate de cuivre..... | 47,0 | 48 |

Si l'on substitue à la dissolution d'un sel unique une dissolution composée de plusieurs sels différents, le sens des phénomènes reste le même, les sels alcalins sont toujours absorbés en proportion plus forte que les sels terreux.

Une chose bien digne de remarque, et qui prouve combien l'absorption inégale des divers sels résulte peu d'une faculté instinctive de la part des végétaux, c'est que le sulfate de cuivre est absorbé en plus forte proportion que tous les autres sels, bien que cette absorption soit mortelle pour la plante.

Une autre circonstance non moins digne de vous être signalée, c'est qu'à mesure que l'expérience se prolonge, et que les plantes se flétrissent, tous les sels indistinctement sont absorbés dans le même rapport. Les inégalités signalées plus haut cessent de se manifester. La même chose se produit, si l'on coupe aux plantes fraîches l'extrémité de leurs racines. L'absorption se faisant alors par la capillarité des vaisseaux, tous les sels sont aborbés dans le même rapport, et la concentration de la dissolution saline n'a plus lieu. De tout cela, il résulte que ce qui fait les différences lorsqu'elles se produisent, c'est le mode d'absorption. Se fait-elle par endosmose? On observe des inégalités. Se fait-elle par capillarité? toutes les différences disparaissent. Entre la nature des sels absorbés de préférence et l'organisation des cellules terminales des racines, il y a un rapport de dépendance qui détermine fatalement le phénomène, mais qui exclut toute idée d'élection instinctive ou volontaire. Cela est si vrai, qu'à l'aide de corps poreux inertes, on produit les mêmes phénomènes avec la plus grande facilité, faisant varier à volonté le sens et le coefficient de l'absorption, par le choix de la membrane ou de la surface poreuse.

Le sulfate de cuivre favorise l'absorption parce qu'il désorganise la membrane des racines, et fait disparaître, par conséquent, les phénomènes de l'endosmose pour les remplacer par ceux de la capillarité. Lorsque l'expérience se prolonge trop longtemps, la même chose arrive, parce qu'à la longue les radicelles s'altèrent spontanément, ce qui conduit aux mêmes résultats. A l'appui de cette explication, voici les chiffres obtenus par M. Graham en substituant un appareil d'endosmose aux racines de la plante.

| | Quantités de sels absorbées. |
|---|---|
| Carbonate de potasse..... | 439 |
| Sulfate de magnésie..... | 14 |
| Chlorure de calcium..... | 20 |
| — de baryum..... | 21 |
| — de strontium..... | 26 |
| Sulfate de zinc..... | 45 |
| — de cuivre..... | 204 |
| Nitrate de cuivre..... | 439 |

Ici, comme avec les plantes, les sels alcalins passent plus abondamment que les sels terreux. Je le répète donc : c'est à la nature spéciale du tissu des racines qu'il faut attribuer la faculté élective des végétaux. Il existe entre l'organisation des spongioles et les besoins de la plante, un de ces rapports harmoniques que Cuvier appelait les conditions d'existence des êtres organisés, mais il faut absolument renoncer à toute idée d'instinct, puisque des appareils sans organisation se comportent absolument comme les végétaux.

Un fait essentiel domine toute cette théorie, c'est que les liquides du sol ne pénètrent dans les végétaux que par voie d'osmose. Or, dans tout phénomène de cet ordre, il se produit deux courants : le premier, de beaucoup le plus intense, marche du liquide le moins dense vers le plus dense, c'est celui d'endosmose; le second, infiniment plus faible, se dirige en sens inverse, il porte le nom d'exosmose. Dans les racines, la liqueur qui remplit les cellules, produit élaboré par la plante, est d'une densité bien supérieure à celle de la dissolution qui les baigne extérieurement. Celle-ci pénètre donc dans leur intérieur par endosmose, mais il n'en est pas moins vrai qu'il se produit par exosmose, à travers les parois des cellules terminales, une certaine exsudation des sucs propres de la plante. C'est à cette exsudation de matière prête à s'organiser qu'est dû l'accroissement en longueur des radicelles, mais il me paraît, en outre, extrêmement probable que la nature de la matière exsudée n'est pas sans influence sur le choix des éléments absorbés. Si l'on plonge, en même temps, dans une dissolution mixte et concentrée de chlorure de sodium et de sulfate de soude, un cristal de chacun de ces sels, ces deux cristaux s'accroissent séparément. Chaque cristal devient un centre de cristallisation qui attire à lui les molécules de même nature. Ne se produirait-il pas un effet analogue dans le sol entre la matière exsudée par les racines et les constituants minéraux qu'elles y trouvent à leur disposition?

Quoi qu'il en soit, les cendres des végétaux attestent une grande variété de composition. Nous avons déjà remarqué que sur le même sol les plantes manifestaient certaines préférences très-accusées, nous pourrions ajouter que certains éléments sont, pour ainsi dire, caractéristiques de certaines plantes. Ainsi, MM. Malaguti et Durocher ont trouvé que si le chlore et l'acide sulfurique sont, en général, fort rares dans les végétaux, quelques espèces en contiennent, au contraire, des quantités très-importantes.

Voici les résultats qu'ils ont obtenus :

| | Chlore pour 100 des cendres. | | Acide sulfurique pour 100 des cendres. |
|---|---|---|---|
| 6 crucifères. . | 6,62 à 15,25 | Crucifères.... | 6,19 |
| 3 primulacées. | 8,00 à 20,00 | Ombellifères . . | 6,01 |
| 3 joncées.... | 8,00 à 21,00 | Euphorbiacées. | 6,97 |
| 3 graminées. . | 8,78 à 12,68 | Résédacées... | 10,63 à 18 |

Il ne faudrait cependant pas croire que la composition minérale des végétaux présente, comme celle des minéraux, une invariable fixité. La nature du sol exerce sa part d'influence sur la composition des cendres des plantes qu'il produit. En voici, en effet, la preuve.

Il y a dans 100 parties de cendres de sapin :

| | De l'Isère. | De Norwége. |
|---|---|---|
| Potasse ..... | 16,8 | 14,10 |
| Soude ..... | » | 20,70 |
| Chaux ..... | 29,5 | 12,30 |
| Magnésie..... | 3,2 | 4,35 |

Le sapin de Norwége croît sur les bords de la mer; aussi contient-il une très-grande quantité de soude, tandis que dans l'Isère, où le sol est calcaire, il renferme surtout de la chaux.

En général, sur un sol argileux, les plantes prennent plus d'alcalis que sur un sol calcaire :

| | | Sol calcaire. | Sol argileux. |
|---|---|---|---|
| Brassica napus..... | Potasse.... | 12,34 | 25,42 |
| | Soude..... | 5,26 | 3,00 |
| Trifolium pratense..... | Potasse.... | 9,60 | 27,20 |
| | Soude..... | 1,60 | 4,80 |

Digitized by Google

| | | Sol calcaire. | Sol argileux. |
|---|---|---|---|
| Trifolium incarnatum... | Potasse.... | 19,11 | 28,74 |
| | Soude..... | 13,80 | 4,80 |
| Allium porrum..... | Potasse.... | 40,33 | 42,44 |
| | Soude..... | 2,26 | 2,00 |
| Quercus pedunculata... | Potasse.... | 11,60 | 19,83 |
| | Soude..... | 2,18 | traces. |

La composition des végétaux est donc susceptible d'écarts qui peuvent, dans une certaine mesure, modifier les propriétés de l'individu qui les présente sans détruire en lui le type organique de l'espèce. L'étude attentive de l'amplitude de ces écarts permettra un jour de diriger la culture d'une plante d'une manière différente, suivant la nature du produit spécial que l'on désire obtenir d'elle.

Pour nous résumer et pour conclure, en ce qui concerne la composition minérale des végétaux, nous dirons qu'elle obéit à des lois de deux ordres.

1° L'intensité de l'évaporation à la surface des organes, règle la proportion des minéraux.

2° Les nécessités d'existence de l'embryon déterminent la répartition inégale de chaque élément minéral en particulier.

Ces deux grands ordres de faits pouvant être modifiés dans leur expression de détail par la nature du sol qui les complique sans en changer le caractère.

Pour compléter le sujet de cette leçon, il faudrait nous livrer, à l'égard des agents organiques, à une étude analogue à celle que nous venons de terminer par rapport aux éléments minéraux. Mais ici les documents nous font presque défaut. Pour réunir quelques chiffres, on est forcé de les emprunter à des travaux de dates différentes, émanant d'auteurs qui ont suivi des méthodes qui sont loin d'être exactes au même degré. Les conclusions que l'on essayerait d'en tirer ne pourraient offrir qu'une valeur médiocre; aussi nous bornerons-nous à mettre sous vos yeux les tableaux suivants sur lesquels nous ferons seulement quelques remarques.

COMPOSITION MOYENNE DES ARBRES ET DES HERBES.

| | Éléments organiques. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Carbone. | Hydrogène. | Oxygène. | Azote. |
| Arbres..... | 50,60 | 6,26 | 42,1 | 1,04 |
| Herbes..... | 49,06 | 5,75 | 43,2 | 1,24 |

On voit qu'entre les arbres et les herbes, il n'existe aucune différence qui mérite d'être signalée. Il en est de même entre le tronc, les branches et les feuilles, sauf pour l'azote, que les feuilles contiennent en quantité notablement plus forte.

| | Carbone. | Hydrogène. | Oxygène. | Azote. |
|---|---|---|---|---|
| Bois..... | 50,60 | 6,16 | 42,13 | 1,04 |
| Branches. | 51,78 | 6,30 | 40,76 | 1,13 |
| Feuilles.. | 51,83 | 6,53 | 39,52 | 3,42 |

Quelques exemples plus détaillés achèveront de prouver que les feuilles, en général, sont plus azotées que le tronc et les branches des arbres.

| | Carbone. | Hydrogène. | Oxygène. | Azote. |
|---|---|---|---|---|
| Feuilles de mûrier..... | 51,89 | 6,70 | 35,73 | 5,68 |
| d'acacia..... | 57,65 | 6,96 | 40,86 | 3,31 |
| de peuplier... ..... | 47,20 | 6,00 | 43,50 | 3,30 |
| d'*Ailantus glandulosa*. | 56,19 | 6,81 | 33,75 | 3,25 |
| de graminées..... | 49,18 | 6,59 | 41,86 | 2,37 |
| de chicorée..... | 48,89 | 6,17 | 41,44 | 2,50 |
| Moyennes.... | 51,83 | 6,53 | 39,54 | 3,40 |

Sous ce rapport, toutefois, les graines doivent être placées encore beaucoup au-dessus des feuilles. Les graines sont, en effet, de toutes les parties végétales, celles qui contiennent le plus d'azote. En voici quelques exemples :

| | Azote pour 100. | |
|---|---|---|
| | Paille. | Graines. |
| Froment..... | 0,53 | 2,40 |
| Seigle..... | 0,30 | 1,70 |
| Avoine..... | 0,40 | 2,30 |
| Orge..... | 0,26 | 2,15 |
| Pois..... | 1,95 | 4,30 |
| Lentilles..... | 1,12 | 4,30 |
| Muscat..... | 0,66 | 3,67 |
| Colza..... | 0,86 | 3,50 |
| Topinambour..... | 0,40 | 1,70 |

Voici enfin, dans tous ses détails, la répartition de l'azote dans les divers organes de la même plante :

| | Azote pour 100 parties de : | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Racines. | Paille. | Balles ou cosses. | Graines. |
| Froment. | 0,79 | 0,94 | 1,15 | 2,94 |
| Orge.... | 0,95 | 0,95 | 1,09 | 2,35 |
| Pois.... | » | 2,09 | 1,29 | 5,03 |

Concluons donc, en ce qui concerne les éléments organiques, que le carbone, l'hydrogène et l'oxygène, se présentent à peu près partout en quantités sensiblement égales; que l'azote, au contraire, se montre plus abondant à mesure que l'on se rapproche de la graine, et lorsqu'on arrive à celle-ci, passe par un saut brusque à une proportion beaucoup plus forte que dans tous les autres organes. La répartition de l'azote offre à la fois les caractères de celle des alcalis, et de celle de l'acide phosphorique.

Pour apercevoir une explication scientifique de tous ces faits, il suffit de se souvenir que dans l'économie des êtres vivants, toutes les fonctions tendent à assurer la reproduction de l'espèce. Or, s'il est vrai que l'animal croisse, il est vrai aussi qu'il croît en conservant son individualité, et sans se reproduire dans des individualités nouvelles. Les végétaux, au contraire, en même temps qu'ils atteignent leur complet développement, doivent assurer la propagation de l'espèce à laquelle ils appartiennent. Or, pour que ce résultat soit obtenu, il faut que l'embryon contenu dans les graines trouve réunis dans sa sphère d'activité tous les agents minéraux et organiques indispensables à l'exercice de la vie végétale. Voilà pourquoi la graine est si abondamment pourvue d'azote, de phosphates et de potasse. Et comme la formation de la graine a lieu presque au terme de la vie végétale et dans un espace de temps assez court, la plus grande partie des phosphates, de la potasse et de l'azote absorbés pendant la période antérieure, se portent des organes qui les contiennent dans l'ovaire, ce qui explique l'inégale répartition de ces éléments.

H. Joulie, pharmacien en chef de l'hôpital Saint-Antoine.

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE.

### Acide azotique.

L'azote en se combinant avec l'oxygène forme cinq composés parfaitement définis, qui sont :

| | |
|---|---|
| Le protoxyde d'azote..... | AzO neutre. |
| Le bioxyde d'azote..... | $AzO^2$ neutre. |
| L'acide azoteux... ..... | $AzO^3$. |
| L'acide hypoazotique..... | $AzO^4$. |
| L'acide azotique..... | $AzO^5$. |

C'est là une série aussi simple, aussi régulière que possible;

(1) Voy. les nos 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'eau), 23, 28 et 31 (conférence de M. Riche, sur l'air).

Digitized by Google

de tous ces corps, le plus stable est l'acide hypoazotique qui ne se décompose qu'au rouge, en donnant de l'azote et de l'oxygène. Les quatre autres se détruisent à une température plus basse et fournissent de l'acide hypoazotique dans leur décomposition. L'acide azotique étant le plus important de ces composés et servant d'ailleurs à préparer les autres, nous l'étudierons en premier lieu.

L'acide *azotique hydraté* est connu depuis les premiers temps de l'alchimie. Geber, au commencement du IXe siècle, indiqua sa production par l'action de la chaleur sur un mélange de sulfate de cuivre, de salpêtre et d'alun. Au XIIe siècle, Albert le Grand a décrit quelques-unes de ses propriétés, et au XIIIe siècle, Raymond Lulle le préparait en chauffant un mélange d'azotate de potasse et d'argile.

La nature de ses éléments resta inconnue jusqu'à Cavendish, en 1784; mais c'est en réalité Gay-Lussac et Davy qui les premiers en firent une analyse exacte. Du reste, la facile décomposition de ce corps en acide hypoazotique et en oxygène avait fait douter de la possibilité de l'obtenir à l'état anhydre, lorsque dans ces dernières années, M. H. Sainte-Claire Deville est parvenu à vaincre les difficultés devant lesquelles on avait échoué jusqu'à lui et à obtenir l'acide azotique anhydre.

Cet acide est solide, en cristaux incolores; c'est un des corps les plus instables que l'on connaisse: une température de 75 à 80 degrés, le décompose avec dégagement de chaleur et de lumière; les plus légères influences, l'action de la lumière, une agitation brusque, suffisent pour le détruire instantanément, et si le corps est renfermé dans un tube scellé à la lampe, la pression due à la formation de l'acide hypoazotique et de l'oxygène, produits de la décomposition, fait éclater le tube.

Il fond à 29°,5 et bout à 47 degrés.

Sa préparation est l'une des opérations les plus délicates de la chimie : nous l'obtiendrons en faisant réagir le chlore sur l'azotate d'argent fondu, et chauffé vers 50 degrés :

$$Cl + AgO,AzO^5 = AgCl + AzO^5 + O.$$

Le chlore est préalablement desséché par son passage à travers des tubes remplis de chlorure de calcium et arrive ainsi au contact du nitrate d'argent placé lui-même dans un tube en U, chauffé à 50 degrés par l'intermédiaire d'un bain d'eau; enfin l'acide anhydre formé vient se condenser dans un tube à deux branches convenablement refroidi.

L'acide azotique anhydre ainsi obtenu et mis en présence de l'eau, s'hydrate et donne naissance à deux hydrates parfaitement définis qui sont le monohydrate $AzO^5,HO$, connu sous le nom d'acide fumant et le quadrihydrate $AzO^5,4HO$.

Dans nos laboratoires, on obtient l'acide azotique monohydraté par l'action de l'acide sulfurique concentré sur l'azotate de potasse. Il faut employer des poids égaux de ces deux corps (300 à 500 grammes environ de chacun d'eux). L'azotate de potasse pulvérisé est placé dans une cornue de verre, où l'on introduit ensuite l'acide sulfurique, au moyen d'un tube à entonnoir pour qu'il n'en coule pas sur les parois; enfin, le col de la cornue s'engage dans un ballon plongeant dans une terrine remplie d'eau. Chauffons maintenant la cornue et nous allons constater plusieurs phénomènes : des vapeurs rutilantes apparaissent d'abord, elles sont dues à ce que la petite quantité d'acide azotique produite est décomposée par le grand excès d'acide sulfurique libre en ce moment : ce dernier s'empare de l'eau de l'acide azotique qui est alors décomposé en oxygène et en acide hypoazotique. Bientôt la masse devient liquide et l'acide azotique distille incolore. Sur la fin de l'opération, les vapeurs orangées reparaissent; nous sommes obligés, en effet, de chauffer fortement pour terminer la décomposition et une partie de l'acide azotique mis en liberté est réduite en eau, en oxygène et en acide hypoazotique, sous l'influence de cette température élevée. La réaction s'exprime par l'égalité suivante :

$$KO,AzO^5 + 2(SO^3,HO) = KO,HO,2SO^3 + AzO^5,HO.$$

Elle est déterminée par la volatilité de l'acide azotique qui est bien plus grande que celle de l'acide sulfurique; le premier bout à 85 degrés et le dernier à 325 degrés.

Nous avons pris pour déterminer la réaction, deux équivalents d'acide sulfurique; si l'on n'en employait qu'un, la moitié de l'azotate seulement serait décomposée et l'on obtiendrait encore du bisulfate; ou bien il faudrait chauffer très-fortement, et alors le bisulfate réagirait sur la deuxième moitié de l'azotate pour donner du sulfate neutre; mais la température élevée à laquelle aurait lieu cette réaction décomposerait l'acide azotique et le changerait en oxygène et en acide hypoazotique, de sorte que l'on n'obtiendrait encore que la moitié de l'acide azotique.

Cet hydrate ainsi préparé est incolore, lorsqu'il est parfaitement pur; mais il jaunit au contact de la lumière; il fume à l'air, et s'empare de l'humidité pour former un hydrate qui, ayant une tension de vapeur très-faible, se précipite sous forme de brouillard. Sa densité est 1,52; il se solidifie vers —50 degrés, et bout à 86 degrés; il renferme 14 pour 100 d'eau.

Si l'on soumet cet acide à des distillations répétées, on remarque que le point d'ébullition s'élève à chaque opération jusqu'à ce qu'il atteigne la température de 123 degrés. Dès lors, le point d'ébullition reste invariable, et un thermomètre plongé dans le vase distillatoire reste fixe à 123 degrés pendant toute l'opération. L'analyse montre qu'à ce moment la liqueur acide renferme un équivalent d'acide azotique et quatre équivalents d'eau, et comme il n'y a que les corps purs qui bouillent à une température constante et dont le point d'ébullition reste invariable pendant la durée du changement d'état, nous en conclurons qu'il y a un deuxième hydrate d'acide azotique qui a pour formule $AzO^5,4HO$. Ce second hydrate n'est décomposé ni par la distillation, ni par la lumière; il bout à 123 degrés; sa densité est 1,42; il contient 40 pour 100 d'eau.

Dans les arts, on remplace les cornues de verre par des cylindres de fonte, ayant environ 5 centimètres d'épaisseur, 1m,60 de longueur, et 60 centimètres de diamètre. Chacun de ces cylindres est disposé horizontalement sur un foyer particulier. Le fond postérieur est mobile et percé à la partie supérieure d'une ouverture dans laquelle on place un entonnoir recourbé destiné à l'introduction de l'acide. On lute le fond avec de l'argile, lorsqu'on a chargé l'azotate de soude, et l'on verse l'acide. Ces cylindres sont d'ordinaire disposés six par six et contiennent 80 à 90 kilogr. d'azotate. On remplace quelquefois ces cylindres par des cornues de fonte pouvant contenir 350 kilogr. d'azotate de soude. Quel que soit le système employé, les vapeurs acides sont recueillies dans une série de bonbonnes communiquant les unes avec les autres et contenant de l'eau. On a soin que le tube qui amène l'acide ne plonge pas dans cette eau, car il en résulterait une pression considérable qui amènerait des fuites. Pendant longtemps on

Digitized by Google

s'est servi du nitrate de potasse; aujourd'hui, on emploie exclusivement le nitrate de soude dont le prix est moins élevé et qui, en outre, à poids égal, fournit plus d'acide que l'azotate de potasse; en effet, 85 kilogr. d'azotate de soude fournissent 54 kilogr. d'acide nitrique, tandis qu'il faudrait 101 kilogr. d'azotate de potasse pour en donner le même poids avec une même quantité d'acide sulfurique qui est de 98 kilogr.

L'acide azotique du commerce est loin d'être pur, il contient d'ordinaire de l'acide chlorhydrique, de l'acide sulfurique et des composés moins oxygénés de l'azote.

Pour le purifier, on y verse goutte à goutte du nitrate de baryte qui précipite l'acide sulfurique à l'état de sulfate de baryte et du nitrate d'argent qui précipite l'acide chlorhydrique à l'état de chlorure d'argent; c'est ce qu'expriment ces deux réactions :

$$BaO,AzO^5 + SO^3,HO = BaO,SO^3 + AzO^5,HO.$$
$$AgO,AzO^5 + HCl = AgCl + AzO^5,HO.$$

Quand les deux sels insolubles se sont déposés, on décante la liqueur limpide dans une cornue et l'on distille après avoir ajouté au liquide un peu de bichromate de potasse. L'acide chromique $CrO^3$, se change en sesquioxyde de chrome $Cr^2O^3$, en dégageant de l'oxygène qui transforme la vapeur nitreuse en acide nitrique.

Maintenant que nous savons nous procurer de l'acide azotique, voyons quelle est l'action des métalloïdes et des métaux sur cet acide.

L'*hydrogène* le détruit au rouge en donnant naissance à de l'azote et de l'oxygène; mais si l'hydrogène est à l'état naissant, ou s'il rencontre des vapeurs d'acide nitrique en présence de la mousse de platine faiblement chauffée, il se forme de l'eau et de l'ammoniaque.

$$AzO^5 + 8H = AzH^3 + 5HO.$$

L'acide azotique étant peu stable est décomposé par la plupart des corps avides d'oxygène. Ainsi, les métalloïdes tels que le *soufre*, le *phosphore*, le *charbon*, se changent en acides sulfureux, phosphoreux, carbonique, au contact de l'acide azotique.

Les métaux sont attaqués par l'acide azotique, à l'exception de l'or, du platine et des métaux voisins; dans quelques cas, les métaux passent à l'état d'acides insolubles : tels sont l'étain et l'antimoine; dans le plus grand nombre de cas au contraire, il se forme un oxyde qui s'unit à l'acide non décomposé; il se dégage toujours des oxydes d'azote.

Les produits de la décomposition varient du reste avec l'oxydation plus ou moins facile du métal.

L'argent ne réagit sur l'acide azotique moyennement concentré que si l'on élève la température : on obtient du bioxyde d'azote pur.

$$3Ag + 4(AzO^5HO) = 3(AgO,AzO^5) + AzO^2 + 4HO.$$

Le mercure se comporte de même; mais l'action a lieu à froid.

Le cuivre attaque l'acide azotique avec une grande énergie; s'il est étendu d'une quantité d'eau suffisante pour que l'action soit très-lente : le bioxyde d'azote dégagé est également pur. L'étain, le zinc, dégagent un mélange de bioxyde et de protoxyde d'azote et même de l'ammoniaque. La formation de ce dernier composé s'explique par la décomposition de l'eau dont l'hydrogène réagit à l'état naissant sur l'azote et sur l'acide azotique.

L'acide azotique attaque vivement la plupart des matières organiques; il en résulte deux sortes de phénomènes : ou bien il y a oxydation; ou bien il se produit une substitution équivalent à équivalent de la molécule composée ($AzO^4$) à la molécule simple H. Le premier mode d'action est utilisé pour la préparation de l'acide oxalique au moyen du sucre ou de l'amidon; le second est mis à profit aujourd'hui sur une grande échelle pour la préparation de la nitrobenzine au moyen de la benzine :

$$\underbrace{C^{12}H^6}_{\text{Benzine.}} + \underbrace{AzO^5,HO}_{\text{Acide nit. fumant.}} = \underbrace{C^{12}H^5(AzO^4)}_{\text{Nitrobenzine.}} + 2HO.$$

Le coton-poudre dérive du coton par une substitution analogue.

L'action de l'acide nitrique sur les matières organiques est quelquefois tellement vive, qu'elles prennent feu : c'est ce ce qui arrive quand on verse cet acide dans de l'essence de térébenthine.

Quant à la recherche de l'acide azotique, elle présente certaines difficultés, parce que cet acide ne forme avec les bases aucun sel insoluble.

On le reconnaîtra aux caractères suivants :

1° Il dégage des vapeurs rutilantes quand on le chauffe avec du cuivre dans un tube.

2° Il jaunit la solution d'indigo dans l'acide sulfurique.

3° Il colore en jaune la soie, les tuyaux de plumes, etc.

4° Mêlé à l'acide chlorhydrique, il fournit l'eau régale qui dissout l'or.

5° Si l'on délaye du sulfate de fer finement pulvérisé dans de l'acide sulfurique pur et qu'on y ajoute une goutte d'acide nitrique, il se produit une coloration rose ou brune; cette réaction que je mets sous vos yeux est d'une sensibilité extrême. Il faut éviter que la liqueur ne s'échauffe, car la coloration est très-fugace.

Pour arriver à connaître la composition de l'acide azotique, on peut se fonder sur l'expérience que fit Cavendish en 1784. Il fit passer un très-grand nombre d'étincelles électriques dans un mélange formé de sept volumes d'oxygène et de trois volumes d'azote; ces gaz étaient dans un tube ayant la forme d'un V renversé au contact d'une solution alcaline, reposant sur du mercure; il reconnut que les gaz disparaissaient en presque totalité. Toutefois, cette méthode ne fournit qu'une approximation grossière.

Un procédé beaucoup plus rigoureux est celui-ci : on décompose par la chaleur un poids connu d'azotate de plomb, en forçant les produits de la décomposition de l'acide azotique à passer sur de la tournure de cuivre chauffée au rouge; le métal fixe l'oxygène, tandis que l'azote devenu libre, peut être recueilli sur le mercure.

Je terminerai enfin en indiquant les principaux usages de l'acide azotique; la France en consomme annuellement près de 4 500 000 kilos qui sont employés principalement à la fabrication de l'acide sulfurique, de l'acide oxalique, de l'eau régale, du coton-poudre dont les photographes tirent un grand parti aujourd'hui sous le nom de collodion, de la nitrobenzine, etc. Les graveurs sur métaux s'en servent sous le nom d'eau forte, les peintres sous le nom d'eau seconde; c'est enfin le dissolvant et l'agent d'oxydation par excellence.

E. Antelme, préparateur de chimie à l'école Polytechnique.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 37. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 12 AOUT 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1[illegible] | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, | 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — | 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : Critique de la théorie d'Agassiz.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : Le système nerveux chez les Annelés.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : Chaleur de formation des composés organiques.

Paris, 11 août 1865.

M. Charles Robin, professeur d'histologie à la Faculté de médecine de Paris, a présenté lundi dernier à l'Académie des sciences un second mémoire sur l'*appareil électrique des raies*. L'existence d'un appareil producteur d'électricité est un fait d'une grande importance zoologique qui avait passé jusqu'ici inaperçu dans les poissons du genre Raie. Le travail de M. Robin présente donc un vif intérêt, et ne manquera pas d'être fort remarqué dans le monde savant.

M. d'Archiac a présenté un travail de M. Hébert, sur les terrains oolithiques des Alpes.

M. Dumas en faisant part à l'Académie de la mort de M. Piria, a rappelé en quelques mots les titres scientifiques du professeur de Turin qui avait été autrefois son élève.

Signalons enfin une note de M. Buignet sur la déglutition normale ; — un travail sur les orages des départements de l'Aisne et du Nord ; — et un mémoire sur les effets des courants d'induction.

É. A.

### MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES

(de l'Institut).

### III.

**Critique de la doctrine d'Agassiz.**

Nous avons commencé, dans notre dernière leçon, l'examen d'une doctrine qui fit récemment beaucoup de bruit et rallia de nombreux partisans, soutenue qu'elle est par l'école américaine et la grande autorité d'Agassiz. Nous avons vu que cette doctrine a placé son illustre défenseur dans la plus singulière position, car, bien que défendant l'unité de l'espèce humaine, il se trouve acclamé par les polygénistes et vigoureusement attaqué par les monogénistes : cela suppose évidemment des contradictions et de l'obscurité dans sa pensée. Nous avons cherché à nous expliquer ces défauts dans la théorie d'un tel homme, et nous avons bientôt été amenés à reconnaître que la cause première de ces imperfections consistait en ce qu'Agassiz n'a jamais eu une idée nette de ce que sont l'espèce et la race.

Nous l'avons vu en 1840 définir l'espèce le dernier terme de classification auquel s'arrêtent les zoologistes, oubliant que les zoologistes ne l'ont pas inventée et qu'elle existe dans la nature. Dans cette définition, il a recours à la seule notion de morphologie, et nous savons que les études paléontologiques par lesquelles il débuta amènent facilement à ne considérer que la forme dans les êtres et à ne pas tenir compte, dans leur groupement, de leur génération ou de leur filiation.

Ces idées se confirment, s'aggravent, si l'on peut dire, au fur et à mesure qu'il publie de nouveaux travaux. En Europe d'abord, puis en Amérique en 1846, il déclare croire à l'existence d'un nombre indéfini de races humaines créées

(1) Voy. les nos 33 et 35.



Digitized by Google

sur place pour des milieux différents, et il cite pour exemple les Esquimaux qui ne peuvent vivre, selon lui, en dehors des régions polaires.

En 1850 et en 1854, il insiste de plus en plus sur ces idées qu'il formule plus nettement encore; nous avons fait remarquer que son mémoire est placé en tête du grand ouvrage *Types of Mankind*, dont les auteurs sont les défenseurs les plus fervents du polygénisme. Dans ce mémoire, Agassiz repousse absolument les notions fournies par la reproduction ou la filiation des êtres; peu lui importe que les métis soient indéfiniment féconds entre eux, et que les hybrides ne se propagent pas : il raye ainsi les magnifiques travaux de Buffon, de Linné et de tant d'autres éminents naturalistes. Là encore, il ne définit pas la race sur laquelle cependant roule tout le débat, ce qui ne l'empêche pas d'employer ce mot.

En 1857, reparaissent les mêmes idées et les mêmes arguments. M. de Quatrefages a dû ici traduire littéralement, car les idées de l'auteur sont si étranges qu'il eût pu être accusé de les travestir. Agassiz y donne comme preuve de l'unité de formation sur place des faunes zoologiques et des groupes humains, l'identité prétendue ou des analogies lointaines entre la couleur du pelage des mammifères et de la peau de l'homme. Là encore il nie cette belle science qui a rendu tant de services à l'histoire, la philologie comparée; il assimile la parole articulée de l'homme à la voix inarticulée des animaux, se mettant ainsi en contradiction avec les notions les plus élémentaires et les plus universellement admises.

Nous n'avons cependant encore fait qu'examiner les abords de la question. Il nous reste à pénétrer au fond même de la doctrine d'Agassiz, à voir ce qu'elle est réellement : car il se pourrait qu'ici comme souvent, un principe vrai eût été, par suite d'un défaut de logique, l'occasion de conclusions inexactes. Mais nous verrons que dans son principe comme dans ses détails, la doctrine d'Agassiz est mauvaise et condamnable au point de vue scientifique.

Cette doctrine peut se résumer en ceci : il existe des *régions zoologiques* ou des *centres de formation* nettement caractérisés par des faunes différentes; l'homme de son côté a été créé par *nations*, et ces nations correspondent précisément à ces centres, à ces régions zoologiques où vivent des animaux différents.

La première partie de cette théorie n'appartient pas à Agassiz. L'idée des centres de création est une idée éminemment française, exprimée et développée par Desmoulins, puis par M. Milne Edwards. L'idée qui appartient à Agassiz, c'est de rapprocher les races humaines de ces faunes, d'attacher en quelque sorte chaque groupe humain à un groupe d'animaux, de singes, par exemple; d'admettre que l'un et l'autre de ces groupes possèdent quelque caractère commun et imposé par le lieu d'origine.

Dès 1856, Agassiz parle d'un nombre indéfini de groupes humains auquel correspond un nombre égal de faunes zoologiques; plus tard, il écrivit que l'homme avait été créé par nations, et il alla jusqu'à baser sa démonstration sur la diversité des langues qui constitueraient ainsi des caractères spécifiques.

Telle est, dans son principe et son point de départ, la doctrine d'Agassiz. Cette doctrine n'est pas nouvelle, c'est celle de La Peyrère. La seule chose qui les différencie : c'est le choix des arguments : La Peyrère écrivant à une autre époque devait employer les arguments de son temps; mais l'idée fondamentale est la même dans ces deux doctrines.

La Peyrère était un de ces soldats théologiens nés avec la Réforme, et si bien dépeints par Walter Scott. Étant à l'armée de Condé, il fit un livre intitulé : *Système de théologie fondé sur l'existence des Préadamites*, première partie. La deuxième partie ne parut pas. Dans ce livre, La Peyrère admit deux créations, l'une pour l'ensemble de l'humanité, pour tous les peuples répandus à la surface du globe, lesquels sont les *Gentils* de la Bible; l'autre pour le peuple juif seulement, pour le *peuple de Dieu*. Cette doctrine basée sur la Bible à laquelle l'auteur en réfère toujours, s'appuie aussi sur les raisons scientifiques que pouvait lui fournir l'époque où il écrivait. Quand Dieu eut orné le monde, dit-il, qu'il l'eut couvert de toutes les plantes et de tous les animaux, il eût été bien étrange que la plus grande partie de la terre fût encore déserte de l'homme, perfection et but de toute cette création. — Mais c'est surtout sur les deux premiers chapitres de la Genèse qu'il s'appuie pour démontrer l'existence des Préadamites.

Le premier chapitre renferme l'histoire générale de la création. Au sixième jour, Dieu créa les animaux et l'homme, puis les bénit en disant : Allez, couvrez la surface de la terre, croissez et multipliez. Le deuxième chapitre, au contraire, est l'histoire particulière d'Adam; Dieu fait défiler devant lui les animaux de la création et comme aucun n'est semblable à lui, il crée Ève qu'il lui donne pour compagne. Ces deux récits servent de point de départ à La Peyrère pour établir sa doctrine, et l'histoire d'Adam lui fournit ensuite de nombreux arguments. En effet, en cent trente ans, Adam eut trois fils : Caïn, Abel et Seth. Les paroles que la Bible met dans la bouche d'Adam, lors de la naissance de Seth, démontrent qu'il n'a pas eu d'autres enfants. — Quand Caïn a tué Abel, il dit dans son désespoir : « Le premier qui me rencontrera me tuera. » La Peyrère se demande à ce propos qui aurait pu tuer Caïn s'il n'y avait pas eu d'autres peuples non issus d'Adam. — Caïn a une femme, il est évident encore pour La Peyrère que cette femme n'avait pu être prise qu'en dehors de la famille d'Adam, et que ce devait être par conséquent une fille des Préadamites, ou Gentils créés lors de la création générale relatée au premier livre de la Genèse. — Quand Caïn a un fils, la Bible raconte qu'il bâtit une ville : or ceci suppose des travailleurs pour la bâtir et des habitants pour la peupler. Encore une fois ce ne pouvait être que les hommes non issus d'Adam.

Tels sont les arguments de La Peyrère. Pour lui la terre biblique n'est que la Terre-Sainte du peuple de Dieu. Pour lui encore, le déluge n'est pas un cataclysme général ayant bouleversé toute la surface de la terre, mais une catastrophe purement locale, que Dieu infligea seulement à son peuple, et qui ne détruisit pas la race des Gentils. Il montre, d'ailleurs, que par Abraham, le peuple juif forme la descendance directe d'Adam.

Nous n'avons pas l'intention de discuter les arguments de La Peyrère; nous avons seulement voulu montrer que le monogénisme dogmatique a été combattu pour la première fois au nom de la Bible elle-même, nous avons voulu montrer que dans cette doctrine de La Peyrère se retrouvait la conception d'Agassiz, à savoir, que là où sont nés des animaux, là est né l'homme, créé ainsi par groupes ou nations.

Revenons à Agassiz et voyons ce que l'on doit penser de ses idées que nous discuterons en nous basant non sur des rai-

Digitized by Google

ements théologiques, mais sur les seules raisons scienti-
es.

ous pouvons résumer en deux mots toute la théorie
assiz : à chaque centre zoologique peut se rattacher un
humain.

elle-même, cette doctrine n'a rien qui soit en désaccord
les idées que l'on doit avoir sur la race et l'espèce ; elle
même d'une originalité séduisante, ce qui lui amena
ombreux partisans. Quand nous avons parlé de l'unité de
èce humaine et de l'idée qu'on doit se faire de l'espèce,
avons établi que tout était comme si une paire primi-
unique avait existé ; mais nous avons fait des réserves sur
estion de fait. L'anatomie et la physiologie ne nous four-
ent point d'arguments contre la doctrine actuelle, et il
rait se faire que des races humaines fussent nées sur dif-
nts points. Nous le répétons, en elle-même cette doctrine
rien d'impossible, et nous nous bornerions à la considérer
me une simple hypothèse, sans pouvoir en prouver la
seté si elle n'était en contradiction avec d'autres faits que
servation et l'expérience ont démontrés. Nous allons voir
effet que l'opinion d'Agassiz est en désaccord complet avec
faits que nous fournit l'étude de la distribution géogra-
que des animaux à la surface de la terre, partie de la
nce sur laquelle il fait précisément reposer sa doctrine.

uand Agassiz affirme des centres de création multiples
r les animaux et les végétaux, il part d'un principe vrai.
centres existent réellement, et qui tient compte des faits
les admettre. L'observation démontre en effet que des
étaux et des animaux existent en certains lieux et ne se
uvent pas ailleurs. D'un autre côté, certaines plantes et
tains animaux amenés d'un lieu dans un autre où ils
xistaient pas, s'y multiplient. Ils trouvent donc en ce point
conditions nécessaires à leur existence, et y seraient res-
si jamais ils y avaient été. Quelque chose a donc déter-
né le lieu d'habitation des différentes faunes et des diffé-
ntes flores.

Pour expliquer la distribution actuelle des êtres en ad-
ttant un centre unique de création, il faudrait admet-
l'une ou l'autre des deux hypothèses suivantes : ou
n supposer que l'espèce s'éloignant en rayonnant de son
d'origine se serait modifiée en chemin sous l'influence de
conditions actuelles jusqu'à former des espèces nouvelles;
rentrerait dans la théorie de Darwin qui ne va même pas
oin, car il faudrait admettre qu'il n'existe pas trace de pas-
e d'une transformation à une autre, et qu'arrivée à un
tain point l'espèce aurait subi un changement capital et
sque; — la deuxième hypothèse, également inadmissible,
oposerait qu'entre le point de départ et le point d'arrivée,
nombre considérable d'espèces auraient disparu sans lais-
trace. On ne peut admettre ni l'une ni l'autre de ces
ories.

Enfin, la physiologie et l'expérience s'accordent pour dé-
ntrer la multiplicité des centres de création. Elles nous dé-
ntrent que jamais les espèces boréales n'ont pu vivre à côté
espèces tropicales, fût-ce durant un temps fort court. Les
èces boréales seraient mortes de chaud en s'approchant de
quateur, les espèces tropicales seraient mortes de froid en
montant vers les pôles. Nous devons donc admettre les
tres multiples de création qui nous sont démontrés par
servation et l'expérience. Les naturalistes professent que
plantes et les animaux sont nés sur des points différents
du globe, formant ainsi des centres primaires de création, divisés eux-mêmes en centres secondaires et tertiaires, et tout sont caractérisés par des espèces différentes.

Jusqu'à présent nous sommes en parfait accord avec ce qu'enseigne M. Agassiz, nous allons bientôt nous séparer de lui.

En effet, nous acceptons les centres de création, mais nous ne les acceptons que tels qu'ils ont été compris par les auteurs qui, en dehors de la discussion actuelle, furent amenés par la seule notion scientifique à fonder la géographie des êtres vivants. Ces travaux sont nombreux : pour ne rappeler que les plus importants, nous citerons les travaux de de Candolle sur la géographie végétale; pour les animaux, nous rencontrons d'abord Buffon et ses magnifiques études sur les mammifères, complétées par Geoffroy Saint-Hilaire père et fils, et par Desmarets; pour les reptiles, Duméril et Bibron, le maître et l'élève; pour les crustacés, Milne Edwards; pour les insectes, Latreille, Fabricius, Kiby, Spence, Lacordaire. Ces travaux-là sont relatifs à de grandes divisions du règne animal, et les observations, plus nombreuses encore, sur des groupes plus restreints, n'ont fait que confirmer les résultats obtenus par ces premières études. De ces recherches portant aussi bien sur la botanique que sur la zoologie, ressortent des faits généraux que l'on peut considérer comme les lois présidant à la distribution des êtres. Si la doctrine d'Agassiz est vraie, il faudra qu'elle obéisse à ces lois générales; si elle fait de l'homme une exception, nous serons en droit de la déclarer fausse; car, au point de vue physique, l'homme n'est qu'un animal soumis comme tous les autres aux lois naturelles, aux lois géographiques tout comme aux lois physiologiques.

Constatons d'abord, dans la manière dont Agassiz envisage les centres de création un désaccord avec les faits établis.

Pour lui, l'influence du centre est générale et absolue. Cette influence agit sur tous les êtres de ce lieu, qu'ils soient aquatiques ou aériens, de la terre ferme ou des rivages. Il croit à une force locale imprimant son cachet sur tous les habitants de ce lieu; il croit à autant de ces forces diverses qu'il y a de lieux ou de centres de création. Avouons que peu d'hypothèses ont été aussi loin.

En effet, l'observation nous donne une toute autre idée de ce que sont ces centres de création. Parfois dans la faune d'un lieu il y a coïncidence entre deux classes d'animaux, mais ce fait est loin d'être général. Tel lieu qui renferme des animaux dont il peut être regardé comme le centre de création, en renferme en même temps beaucoup d'autres qu'il n'est pas possible de considérer comme spéciaux à ce lieu. Nous voyons donc déjà que cette coïncidence prétendue et fatale entre le lieu et l'homme qui l'habite n'existe pas même pour les animaux. On avait établi que dans un même lieu les faunesse diversifiaient, si l'on comparait les animaux vivant dans l'air et les animaux vivant dans l'eau douce. Agassiz a nié ce résultat, laissons-le de côté. — Mais lorsqu'il s'agit de la mer, le doute n'est pas possible. M. Milne Edwards n'a pas trouvé un seul crustacé commun aux côtes occidentales de l'Europe et aux côtes orientales de l'Amérique du Nord, tandis que les faunes terrestres présentent des analogies nombreuses.

Un exemple bien plus frappant encore nous est fourni par ce que l'on observe à l'isthme de Suez. La faune aérienne est en ce point identique sur les deux rivages; la faune marine au contraire, est absolument diverse dans la mer Rouge et la Méditerranée, à ce point que M. Milne Edwards n'a pas

Digitized by Google

trouvé un seul crustacé qui fût commun à l'une et à l'autre, à ce point encore que le professeur lui-même, en étudiant la géographie des annélides dans ces deux mers, n'a trouvé là qu'une seule espèce commune aux deux, et cependant les annélides forment un type dégradé parmi les animaux, considération importante comme nous le verrons plus tard.

Sans quitter les faunes aériennes, cette idée d'Agassiz de l'influence du lieu sur tous les êtres en général, est démentie par l'observation. En effet, la Nouvelle-Hollande est un des centres de création les plus francs, les plus irrécusables, pour les mammifères. A part le dimgo, chien sauvage introduit par l'homme, et quelques chauves-souris, tous les mammifères de cette contrée sont des marsupiaux, qui ne sont représentés ailleurs que par deux ou trois genres dans toute l'Amérique. Mais au point de vue de l'entomologie, la Nouvelle-Hollande n'est qu'une province d'une vaste région zoologique embrassant la Nouvelle-Zélande et la Nouvelle-Guinée. Ceci ressort du témoignage de Lacordaire, qui multipliant les régions zoologiques encore plus qu'Agassiz, ne peut être récusé par nos adversaires dans le débat. Donc, la prétendue coïncidence invoquée par Agassiz n'existe pas même pour les animaux : nous verrons tout à l'heure qu'elle existe encore bien moins pour l'homme.

En rapprochant maintenant les résultats obtenus par les recherches botaniques et zoologiques, nous verrons que la doctrine d'Agassiz tend à établir des exceptions aux lois générales de la géographie des êtres.

Et d'abord, les zoologistes admettent pour les animaux que les centres de création sont caractérisés par des types propres à chacun d'eux. C'est ainsi que la Nouvelle-Hollande est le centre de création des marsupiaux, que l'Amérique du Sud est le centre de création des édentés, que l'Afrique intertropicale est un autre centre caractérisé par l'hippopotame et la girafe. Voilà bien des centres de création, considérés comme tels par tous, ayant leur cachet distinctif. Ces idées, appliquées aux végétaux par de Candolle, ont été analysées par Maury dans son livre *La terre et l'homme*, où on lit : « M. de Candolle dit qu'il existe pour les diverses flores des régions propres à chacune d'elles. »

D'un autre côté, les recherches des zoologistes ont démontré qu'entre deux centres distincts, il n'y a que peu ou pas de *genres* communs, et ces distinctions locales s'accusent davantage à mesure que l'on étudie des êtres plus élevés en organisation. Ainsi, en envisageant les deux continents dans leur ensemble, nous nous trouvons en face des deux centres de création les plus étendus que l'on puisse comparer. Or le nombre des groupes communs aux deux régions va en diminuant à mesure que nous nous élevons dans l'échelle animale. Pour les chéiroptères, il est seulement de cinq à six genres, une seule espèce du même groupe se rencontre dans les deux continents. Quant aux quadrumanes, nous ne trouvons pas un seul genre identique dans ces deux vastes régions.

A mesure que l'espèce s'élève, l'aire se circonscrit. C'est ainsi que les quadrumanes, divisés d'abord en deux grandes sections par les deux continents, se répartissent ensuite en des localités fort restreintes pour chacun de leurs types principaux. Nous voyons en effet dans l'ancien continent, parmi les singes anthropomorphes, le genre Orang confiné dans l'île de Bornéo et l'île de Sumatra. Bien que l'Afrique centrale soit encore peu connue, on peut cependant affirmer que l'aire dans laquelle peuvent se trouver les Gorilles est très-circonscrite.

Enfin, et pour conclure, en ce qui concerne la zoologie, nous pouvons affirmer que pas une espèce sauvage n'était cosmopolite.

Quant aux résultats généraux auxquels ont abouti les recherches de de Candolle sur la botanique, nous les trouvons résumés par Maury. Pas un seul phanérogame n'est répandu sur la surface entière du globe; dix-huit espèces seulement se trouvent sur toute la terre, et parmi ces dix-huit espèces il n'y a pas un seul arbre, pas un seul arbuste, c'est-à-dire aucun végétal d'une organisation plus parfaite; ici encore, comme chez les mammifères, l'aire d'habitation est d'autant plus plus petite que l'organisation est plus complète.— En résumé, entre les deux règnes organiques l'analogie est aussi complète que possible.

Comparons maintenant ces résultats aux faits observés dans l'étude de l'homme.

L'homme est partout, le pôle sud seul est désert. Au pôle nord sont les Esquimaux, dont quelques peuplades vivent sur les glaces, ignorantes complétement de la terre, et ne connaissant des quatre éléments des anciens, que l'eau, l'air et le feu. Si la théorie d'Agassiz était vraie, l'homme formerait donc une espèce cosmopolite, et cette espèce serait précisément la plus parfaite. Le désaccord entre l'homme et la distribution géographique des animaux serait complet, il formerait une exception unique. Nous ne pouvons admettre ces conclusions.

Par cela même que nous reconnaissons la supériorité de l'homme, nous devons reconnaître en même temps qu'il est l'être caractéristique d'un centre de création spécial, et ceci nous conduit à admettre son cantonnement primitif, quand même nous ne verrions pas en lui une espèce. L'homme se tient debout, seul il possède de vrais pieds et de vraies mains, une boîte crânienne qui à elle seule établit sa supériorité distinctive. A ne considérer donc que l'animal, c'est un type exceptionnel; et, constituât-il un genre, il devrait caractériser un centre de création distinct, au moins au même titre que l'orang et le gorille. Le cantonnement primitif est donc la conséquence forcée des lois générales de la géographie botanique et zoologique, même pour les polygénistes.

Agassiz a posé comme base de sa doctrine la distribution géographique des animaux, et dans son mémoire inséré dans les *Types of Mankind*, nous trouvons un tableau des règnes zoologiques, accompagné de dessins représentant les types humains de chaque règne et les animaux qu'il y rattache. Il admet ainsi huit règnes zoologiques : le règne arctique, le règne mangolique, le règne européen, le règne américain, le règne nègre, le règne hottentot, le règne malai et le règne australien. Nous ne voulons pas discuter ici la raison de ce nombre, bien qu'on y puisse faire des objections. Nous nous contenterons aujourd'hui de présenter quelques observations sur son quatrième règne, le règne américain, dont l'homme à peau rouge est pour lui le type.

Avec Morton, Agassiz admet une seule race pour toute l'Amérique; il n'en excepte que l'Esquimau sur lequel nous reviendrons ailleurs. Selon lui, le continent américain tout entier appartient à cette race, et ne forme ainsi qu'un seul royaume. Or tous les naturalistes font de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud deux grands centres de création

Digitized by Google

bien distincts. Agassiz donne donc au royaume américain une étendue double de celle qu'il a en réalité.

Il est vrai qu'en parlant de l'*homme américain* et de la race unique qu'il forme, Agassiz reconnaît en lui de nombreuses modifications. Voyons donc s'il y a coïncidence entre ces types secondaires et la distribution géographique des animaux.

Si nous examinons les faunes, nous trouvons des rapports remarquables entre l'Amérique boréale et le nord de l'Europe et de l'Asie. Le castor, l'ours, le loup sont des animaux communs à cette vaste région septentrionale. L'Amérique méridionale, au contraire, nous présente des faunes bien distinctes de celles des parties correspondantes de l'ancien continent; les rapports qui, dans le nord, rattachaient le nouveau à l'ancien continent n'existent plus.

Donc, en ce qui concerne la géographie zoologique, les rapports avec l'autre continent s'établissent pour l'Amérique par le nord, ils disparaissent au sud.

En est-il de même pour l'homme? Le type américain, dit Agassiz, est la peau rouge; nous nous accordons avec lui pour reconnaître là un type bien distinct. Mais nous allons moins loin et nous déclarons que ce n'est pas un type isolé autant qu'il le dit. Mais l'Amérique du Sud renferme des hommes à peau jaune, à pommettes saillantes, à yeux bridés et obliques, rappelant en tout le type siamois et chinois; à ce point qu'un jeune Botocoudo mis en rapport avec des Chinois les appelait *ses oncles*, comme l'a observé le prince de Neuwied. Il y a donc des rapports intimes entre les hommes de l'Amérique et les Asiatiques, et ces rapports s'établissent par le sud, contrairement à ce que nous présente l'observation des faunes américaines.

Ainsi lorsqu'il s'agit des animaux, c'est par le nord que s'établissent les rapports; c'est par le sud quand il s'agit de l'homme; les faunes ne coïncident donc pas avec les groupes humains.

L. Hallez.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

#### Physiologie du système nerveux des Annelés.

Nous arrivons à l'embranchement des *Annelés* ou *Entomozoaires*. On a divisé cet embranchement en deux sous-embranchements : Les *Arthropodaires* ou *Articulés* proprement dits et les *Annelés* ou *Vers*, dont plusieurs naturalistes font un type tout à fait distinct. Les Annelés sont divisés par M. Milne Edwards en Rotateurs, Turbellariés, Cestoïdes, Nématoïdes et Annélides. Je veux dire un mot sur leur système nerveux.

A. *Rotateurs* (Rotifères, Hydatine, Brachions). Ces animaux ont une organisation très-simple qui les avait fait ranger parmi les infusoires, mais on a découvert qu'ils offrent des complications organiques d'une nature telle qu'on a dû les ranger dans le sous-embranchement des Annelés. Certains animaux de cette classe, les Rotifères, par exemple, sont bien connus de tous, grâce aux expériences de Spallanzani. Ces animaux vivent dans les mousses humides ou sur les toits; ils peuvent être desséchés soit à l'air libre, soit dans une étuve sèche, soit même dans le vide, et ils reviennent peu à peu à la vie lorsqu'on les met au contact de l'eau. Leur système nerveux a été décrit par Ehrenberg, puis par M. Oscar Schmidt, et avec plus de précision encore par M. Leydig.

Ce système nerveux consiste uniquement en une masse ganglionnaire, quelquefois formée de deux parties, située sur le pharynx et n'envoyant jamais de prolongements autour de l'œsophage pour constituer un collier. D'ailleurs cette masse est constituée par de la substance amorphe, avec des cellules qui donnent naissance à des fibres se distribuant à diverses parties du corps.

B. *Turbellariés*. Cette classe nous présente deux types : 1° les Planaires dont le corps est couvert de cils vibratiles, dont le tube digestif est tantôt droit, tantôt muni de prolongements latéraux plus ou moins ramifiés, et dont la reproduction se fait suivant des modes assez variés et bien intéressants; 2° les Distomes dont le corps n'est pas couvert de cils et qui forment avec d'autres Helminthes la sous-classe des Trématodes : nous devons ranger parmi les Distomes la Douve du foie (*Distoma hepaticum*). Ce sont des animaux d'une organisation encore peu élevée, qui se présentent sous la forme de corps aplatis ou cylindroïdes, allongés, dont les deux extrémités sont souvent obtuses, l'une d'elles cependant étant parfois atténuée, pointue. Ils ont une ventouse placée plus ou moins en arrière de la ventouse buccale, ils ont un intestin à deux branches ou même souvent ramifié.

Les Planaires ont été étudiées par M. de Quatrefages et M. Blanchard au point de vue du système nerveux. Bien des auteurs avaient méconnu le système nerveux de ces animaux. Dugès avait décrit leurs ganglions cérébroïdes comme un cœur, et disait même y avoir constaté des mouvements de systole et de diastole. M. de Quatrefages a constaté un double ganglion placé à la partie antérieure du corps, donnant des filets nerveux aux parties voisines, et deux filets assez gros se dirigeant en arrière, presque jusqu'à l'extrémité du corps sans offrir de ganglions.

C. *Cestoïdes*. Ce sont encore des animaux bien inférieurs, qui vivent en parasites dans les viscères des autres animaux. La description des ordres serait trop longue, je veux me borner à vous les énumérer. Ce sont les Ténias, Bothriocéphales et les larves de diverses sortes de Ténias, c'est-à-dire les Cœnures, Échinocoques, Cysticerques. Je ne veux pas vous faire l'histoire des métamorphoses que subissent ces vers intestinaux, ce qui nous entraînerait bien loin de notre sujet. La plupart des auteurs sont d'accord pour refuser un système nerveux à ces animaux. M. Blanchard a pourtant décrit un système nerveux chez plusieurs Cestoïdes. Je crois

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la première année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18, 25, 27, 29, 33 et 36 de la seconde.

Digitized by Google

que c'est là un sujet qui demande de nouvelles recherches. Cependant je ne puis m'empêcher de dire que j'ai, comme bien d'autres, cherché avec soin s'il existe réellement des parties pouvant être rattachées à un appareil nerveux. Mes recherches ont toujours eu un résultat négatif.

D. *Nématoïdes.* Cette classe est très-considérable, c'est à elle qu'appartiennent : les Ascarides (*Ascaride lombricoïde*, et *Ascaris alata*), Échinorhynques, Strongles et les Filaires. Parmi ces derniers se trouvent les Fragonneaux ou Filaires de Médine qui vivent sous la peau et se rencontrent surtout sous la zone torride.

M. Blanchard a signalé chez ces animaux un système nerveux très-simple, consistant essentiellement en deux petites masses ganglionnaires accolées, situées de chaque côté de l'œsophage, quatre en tout, reliées entre elles d'un côté à l'autre par deux filaments dont l'un passerait au-dessus, l'autre au-dessous, formant ainsi un collier œsophagien. Cependant l'existence d'un système nerveux est encore douteuse, malgré les recherches de cet auteur et malgré la description détaillée qu'en a faite M. Meissner chez le Mermis et le Gordius; les investigations de M. Schneider confirmées par celles de M. Leydig, montrent en effet que les parties désignées, ainsi par M. Meissner, ou bien n'existent pas, ou bien ne sont que des muscles. Toutefois, disons que les recherches très-récentes sur le Filaire du cheval, faites par M. Schneider, tendent à faire admettre qu'il y a des éléments de système nerveux ayant une très-grande analogie avec ce qu'a décrit M. Blanchard.

E. *Annélides.* Nous arrivons enfin aux Annélides (ver de terre, sangsue, etc.), qui possèdent un système nerveux très-net et même très-compliqué. Nous trouvons, en effet, outre une chaîne ganglionnaire de la vie animale, un système sympathique. Il nous est impossible d'entrer dans des détails; le temps nous presse, et je ne puis que vous renvoyer aux beaux travaux de M. de Quatrefages sur les Némertes, sur l'Eunice sanguine, sur les Hermelles, sur la Néréide : vous y trouverez de savantes descriptions appuyées de dessins très-remarquables.

Ici commence à s'accuser complétement le type du système nerveux des Annelés. Ici, nous trouvons une chaîne ganglionnaire ventrale reliée par un collier œsophagien à des ganglions sus-œsophagiens plus ou moins coalescents qui sont les ganglions cérébroïdes. D'autre part, il y a un système sympathique extrêmement riche chez plusieurs espèces; il y a de nombreux ganglions fournissant de très-nombreux filets nerveux. Chez la *Néréide royale*, la *Nephthys bononiensis*, la *Glycera albicans*, par exemple, ce système est certainement plus développé non-seulement que chez les annelés supérieurs, mais même que chez un grand nombre de vertébrés, ainsi que vous pourrez vous en convaincre en jetant les yeux sur les figures données par M. de Quatrefages.

Quant à la structure du système nerveux des Annélides, vous trouverez de précieux renseignements dans les travaux de M. Lockhart-Clarke et de M. Faivre. Ce dernier a fait connaître les travaux de ses devanciers et les a complétés dans une large mesure.

Au-dessous du sous-embranchement des Annélides se place celui des Articulés proprement dits, comprenant les Myriapodes, les Arachnides, les Crustacés et les Insectes. Il nous est malheureusement impossible de vous présenter les intéressants détails de la question. Newport a donné de remarquables descriptions des Myriapodes, et a jeté aussi une vive lumière sur l'anatomie du système nerveux des Insectes et des Arachnides. Nous sommes obligé d'envisager le système nerveux d'une façon très-générale. Ce système nerveux chez tous ces animaux comprend une partie destinée surtout à la vie animale et une partie destinée à la vie organique.

A. *Système de la vie animale.* Le type théorique s'appliquant à tout l'embranchement est le suivant. Une double chaîne de ganglions régnant sur toute la longueur du corps au-dessous des organes de la nutrition. Ces ganglions sont reliés à ceux qui se trouvent du même côté par des connectifs longitudinaux, et d'un côté à l'autre par des commissures. Ces ganglions envoient des filets aux muscles qui meuvent les organes de la locomotion. C'est ce qui existe chez les Crustacés inférieurs, comme les Talitres (Milne Edwards et Audouin), chez les Hermelles (de Quatrefages), et l'on retrouve cette disposition chez les Crustacés supérieurs pendant la période embryonnaire (Rathke). Outre ces ganglions, il y en a deux autres situés au-dessus de l'œsophage qui donnent des filets aux organes des sens et à plusieurs des appendices céphaliques. Ce sont les ganglions cérébroïdes, réunis l'un à l'autre par une courte commissure et reliés aux premiers ganglions sous-œsophagiens par deux bandes nerveuses, cet ensemble constituant le collier œsophagien.

Dans la presque universalité des Articulés les deux ganglions cérébroïdes se rapprochent, se soudent, mais en présentant encore des indices plus ou moins manifestes de leur séparation typique, et de même les ganglions de la chaîne abdominale viennent se réunir l'un à l'autre sur la ligne médiane ne constituant le plus souvent qu'une seule masse ganglionnaire, tandis que les connectifs restent encore disjoints, offrant un témoignage persistant de la duplicité fondamentale. Chez l'écrevisse, par exemple, on voit encore les ganglions bilobés au moins dans la partie antérieure.

On voit de plus fréquemment quelques-uns des ganglions situés les uns derrière les autres, arriver au contact, entrer en coalescence et constituer des masses ganglionnaires d'un volume plus ou moins considérable. Cette concentration se voit chez un bon nombre d'insectes; elle a lieu par suite des métamorphoses chez les papillons. Mais elle n'est nulle part aussi manifeste que chez certains ordres des Arachnides ou des Crustacés.

Digitized by Google

Chez les Arachnides pulmonaires, tels que la mygale, toute la partie sous-œsophagienne de la chaîne ganglionnaire est réduite à une masse ganglionnaire relativement volumineuse et située dans le céphalothorax; tandis que cette chaîne conserve sa constitution chez les Arachnides à abdomen annelé comme les scorpions. Il en est de même chez les Crustacés brachyures (crabe) et chez les Macroures (écrevisse). Chez les premiers, la chaîne ganglionnaire a disparu, sauf le ganglion sous-œsophagien qui est très-volumineux et est formé par la réunion en une seule masse de tous les ganglions de la chaîne primitive. Chez les Décapode macroures, la série linéaire des ganglions sous-intestinaux persiste au contraire. Toutefois des indices de tendance à la fusion se montrent encore, et, par exemple, le ganglion sous-œsophagien est manifestement formé par la réunion de plusieurs paires de ganglions très-rapprochées les unes des autres, mais non confondues.

Telles sont les notions les plus générales que l'on puisse donner sur le système nerveux de la vie animale; mais il existe, avons-nous dit, un système nerveux de la vie organique.

B. *Système de la vie organique.* La découverte de ce système est très-ancienne, elle a été faite par Swammerdam dans la larve de l'*Oryctes nasicornis;* Lyonnet le décrivit aussi sur la chenille du *Cossus lygniperda.* Lyonnet donna au système dont il s'agit le nom de nerf récurrent; mais, ni l'un ni l'autre de ces auteurs n'avait fait une assimilation entre ces ganglions et le système du grand sympathique. Cette assimilation fut faite pour la première fois par J. Müller. On accepta d'abord cette idée comme très-exacte, mais d'autres, avec Newport, voulurent comparer cette partie du système nerveux au système des nerfs pneumogastriques. Nous allons vous donner une description succincte de l'appareil nerveux de la vie organique dans deux grands types de l'embranchement des Annelés.

Chez les Crustacés, le système avait été indiqué déjà par MM. Audouin et Milne Edwards qui l'avaient reconnu tout entier, puis il fut décrit d'une façon très-nette par Brandt. Nous voyons : 1° Un nerf impair partant du cerveau, allant se rendre à l'estomac où se trouve un ganglion, le ganglion stomatogastrique. 2° Deux nerfs partant d'un point des cordons du collier, point où se trouve une accumulation de matière ganglionnaire allant s'anastomoser avec le nerf impair.

Chez les Insectes, suivant M. Blanchard, il y a aussi deux ordres de nerfs : un nerf impair avec un ganglion frontal, parfois un ganglion œsophagien, puis un ganglion stomatogastrique. D'autre part, il y a des filets qui naissent en arrière des ganglions cérébroïdes et qui donnent naissance à deux ou quatre ganglions. Ces filets donnent des branches au système circulatoire (vaisseau dorsal) et au système respiratoire (trachées). Outre ce système de la vie organique, on a décrit de plus, depuis Lyonnet, une couche nerveuse plus ou moins grêle située à la face supérieure de la chaîne ganglionnaire, émettant de chaque côté et à peu près au niveau des ganglions des filaments nerveux dont les uns vont se joindre aux nerfs émanés des ganglions de la chaîne, et dont les autres vont aux muscles de l'appareil respiratoire. Enfin, dans quelques genres, au niveau de l'origine de ces nerfs il y a des ganglions. C'est ce système de filets nerveux que Lyonnet appelait *brides épinières*, ce que Newport nommait système surajouté, nerfs respiratoires. Plusieurs auteurs, M. Blanchard entre autres, considèrent cette partie du système nerveux comme constituant le véritable système grand sympathique.

La structure du système nerveux des Articulés a donné lieu à de nombreux et importants travaux. Newport, MM. Hannover, Helmholtz, Leydig, Haeckel, Faivre, nous ont donné d'excellentes études sur ce point. On a reconnu l'existence de tubes nerveux très-distincts, et dont quelques-uns ont un très-grand diamètre. On sait que les parties centrales ont une structure analogue à celle des parties centrales du système nerveux des Vertébrés, on y a vu des cellules munies de prolongements et pourvues d'un noyau et d'un nucléole.

Un des travaux les plus récents est celui de M. Owsjannikow, qui a cru retrouver sur le homard les deux classes principales de cellules qu'il avait déjà indiquées chez les Vertébrés : cellules motrices et cellules sensitives. Celles-ci se retrouveraient surtout à la face supérieure, celles-là à la face inférieure. En faisant des coupes sur des ganglions de homard durcis dans l'acide chromique, il a cru reconnaître que les cellules sont presque toutes multipolaires, et que souvent le noyau et même le nucléole participent à la forme polyédrique nécessitée par l'origine de plusieurs prolongements. Il aurait vu de plus, comme l'ont indiqué MM. Lieberkühn et Guido Wagener pour d'autres animaux, le prolongement des cellules partir du nucléole de ces éléments.

La vérité est que lorsque l'on a étudié les ganglions de Crustacés à l'état frais, toutes les cellules paraissent ou apolaires ou unipolaires pour le plus grand nombre, quelques-unes seulement sont bipolaires. Les cellules sont entourées d'une capsule assez épaisse offrant une grande analogie avec celles des ganglions spinaux chez les Vertébrés. De plus, il y a une quantité notable de substance granulaire amorphe et peut-être de noyaux libres.

*Physiologie.* La première question qui se présente est la signification que l'on doit donner à la chaîne ganglionnaire. A quelle partie des centres nerveux, chez les animaux supérieurs, doit-on la comparer. Je vais vous donner l'opinion des physiologistes sur ce sujet, en regrettant que le temps ne me permette pas d'entrer dans de plus amples détails.

Reil et Ackermann considèrent cette chaîne comme l'analogue du système ganglionnaire ou sympathique des

Digitized by Google

animaux supérieurs. Oken et Cares ont adopté cette opinion et l'ont exprimée en termes poétiques; ils ont comparé le ganglion cérébroïde et les ganglions sous-œsophagiens à deux pôles, auxquels ils donnent les noms de pôle lumineux et de pôle terrestre. Pour E. H. Weber, les ganglions seraient les analogues des ganglions spinaux qui, chez les Mammifères, sont placés sur les racines postérieures des nerfs rachidiens. M. Serres a adopté plus ou moins implicitement cette opinion et compare le ganglion cérébroïde au ganglion de Gasser, qui chez l'homme se trouve sur le trajet de la racine sensitive du nerf trijumeau. Tréviranus dit que l'on doit considérer ce système nerveux comme l'analogue des ganglions spinaux et de la moelle épinière réunis. Gratiolet s'est rangé à l'opinion de Reil et d'Akermann en la modifiant un peu, et surtout en s'appuyant sur des considérations très-ingénieuses que je suis forcé de passer sous silence, faute de temps.

Avec la plupart des auteurs depuis Haller et Gall, nous admettons que la chaîne ganglionnaire représente la moelle épinière des Vertébrés. Il existe chez les Crustacés un fait intéressant qui semble fournir un appui à cette opinion. Chez ces animaux, en effet, la chaîne ganglionnaire se trouve renfermée dans une sorte de canal vertébral, formé aux dépens de l'arceau inférieur des anneaux du corps. La position de ce système nerveux au-dessous des organes digestifs a donné lieu à d'ingénieuses interprétations dont je dois vous dire un mot. Geoffroy Saint-Hilaire disait que l'animal marchait sur son dos, tout le corps ayant ainsi subi un renversement complet, et, comme preuve, il citait ce fait indiqué par Dugès, que le vitellus s'attache sur le dos. Cette vue théorique est très-discutable, car dans ce cas le cerveau est situé en sens inverse et pour employer les expressions citées plus haut, le cerveau se trouverait ainsi au pôle terrestre au lieu d'être au pôle lumineux ou pôle solaire.

Chez les Annelés, chaque ganglion correspond à un segment du corps formé souvent de plusieurs anneaux, comme, par exemple, chez la sangsue. Chaque segment possède souvent, outre ce ganglion, une portion semblable des principaux appareils, même parfois des appareils des sens. Il en est ainsi du Polyophthalme, chez lequel, comme l'a montré M. de Quatrefages, chaque segment est muni de deux yeux rudimentaires qui reçoivent chacun du ganglion correspondant un filet nerveux, véritable nerf optique. Ces segments séparés ont été nommés des Zoonites, par Moquin-Tandon. Ce professeur les considérait comme plusieurs animaux élémentaires placés les uns à la suite des autres. Cette idée est très-ingénieuse et très-vraie. Il est difficile de trouver rien de semblable chez les animaux supérieurs; on ne trouve un vestige de cette division que dans la colonne vertébrale.

Pour en finir avec les opinions émises sur les analogies que présente ce système ganglionnaire avec le système nerveux des animaux supérieurs, je dois vous dire que la plupart des auteurs avec Newport et Siebold considèrent les ganglions céphaliques comme représentant l'encéphale. Le ganglion supérieur (ganglion cérébroïde) serait l'analogue du cerveau proprement dit, et le ganglion sous-œsophagien avec ses pédoncules qui constituent le collier représenterait le cervelet et la moelle allongée.

Je m'arrête dans ces considérations anatomiques pour vous dire quelques mots des recherches expérimentales qui ont été entreprises chez les Annelés, principalement chez les Insectes. Un certain nombre d'expériences avaient déjà été faites par Treviranus, Walkenaer, Burmeister, Dugès; M. Yersin avait déjà institué des recherches suivies; mais c'est à M. Faivre, que j'ai déjà cité plusieurs fois, que sont dus les travaux les plus importants dans cette voie : ces recherches ont été faites sur le *Dytiscus marginalis*.

Le premier point à élucider : c'était de savoir si, dans le système nerveux des Annelés, il y a des parties sensitives et des parties motrices distinctes, et il ne s'agit ici que des ganglions car les nerfs paraissent mixtes dès leur origine. M. Faivre a vu que l'excitation du ganglion sus-œsophagien sur le dytique ne paraît produire ni mouvement ni indice de douleur. Ces indications rapprocheraient ainsi ce ganglion du cerveau; mais il faut dire qu'il n'en est pas ainsi chez tous les Annelés. Je suis arrivé en effet chez l'écrevisse à un résultat notablement différent. Il est certain que la moindre piqûre des ganglions cérébroïdes (il y en a plusieurs et très-manifestes) détermine des convulsions générales, et en même temps des mouvements violents dans les articles mobiles de la tête. Aussi ne vois-je pas l'expérimentation confirmer chez l'écrevisse l'assimilation que M. Faivre a faite entre les ganglions cérébroïdes et le cerveau des Vertébrés. Il y a de plus une différence anatomique : le cerveau proprement dit des Vertébrés ne fournit aucun nerf moteur, au lieu que chez l'écrevisse il y a des nerfs musculaires moteurs qui naissent de cette masse ganglionnaire.

Pour le reste de la chaîne ganglionnaire, M. Faivre a trouvé que la partie supérieure est manifestement motrice et non sensible, tandis que la partie inférieure serait surtout sensitive. M. Longet avait déjà indiqué une différence du même genre chez la langouste. « En irritant, dit-il, la face supérieure du bout caudal (de la chaîne ganglionnaire coupée en travers), des contractions, quoique légères, eurent lieu d'une façon évidente, tandis que je n'ai pu en découvrir aucune par l'excitation de sa face inférieure ou ganglionnaire. » Ce serait là une nouvelle confirmation expérimentale des vues théoriques de Newport. Cet auteur avait vu que la chaîne ganglionnaire se compose de deux cordons superposés, le supérieur lisse, non-ganglionnaire, le second portant les ganglions; il avait vu de plus que les nerfs qui naissent au niveau des ganglions prennent origine, les uns dans les ganglions mêmes, les autres dans la lamelle qui passe

Digitized by Google

sur eux, et il en avait conclu, en se fondant sur les données de la physiologie des Vertébrés, que la lamelle supérieure est motrice et que l'inférieure est sensible.

J'ai cherché à contrôler, par des expériences sur l'écrevisse, les résultats obtenus par M. Longet et par M. Faivre, mais il m'a été impossible de réussir à faire une seule expérience bien nette, et je ne vois pas même comment on peut isoler les excitations et agir tantôt sur la partie supérieure uniquement, et tantôt sur la partie inférieure. J'ai constaté que les connectifs et les ganglions sont sensibles, qu'après la section des connectifs, dans un point de la longueur de la chaîne ganglionnaire le pincement du bout caudal détermine des mouvements convulsifs dans la partie postérieure du corps, et que le pincement du bout céphalique produit un brusque sursaut et une agitation convulsive des parties antérieures, ce qui semblerait indiquer que cette excitation détermine de la douleur. Du reste, la sensibilité des ganglions et des connectifs qui est très-manifeste chez les Insectes et chez les Crustacés, l'est bien moins chez certains Annelés. Ainsi chez la sangsue, d'après Thomas, ces mêmes parties sont presque complétement insensibles, ce qui contraste singulièrement avec l'extrême sensibilité des téguments.

En constituant les études de physiologie générale du système nerveux des Invertébrés, on est conduit à chercher s'il y a des entrecroisements entre les deux moitiés latérales de ce système. Swammerdam en avait figuré un au niveau des ganglions sous-œsophagiens d'un crustacé. Les expériences de Dugès, et celles de M. Faivre ont montré qu'il n'y a rien de semblable. J'ai observé constamment aussi chez l'écrevisse des résultats qui s'accordent avec ceux qu'ils ont obtenus. La paralysie lorsqu'elle a lieu à la suite d'une lésion d'une moitié latérale du système nerveux est toujours directe. Quelquefois au niveau du ganglion sous-œsophagien ou dans les connectifs qui le réunissent aux ganglions suivants, j'ai vu à l'œil nu ou à la loupe une apparence d'entrecroisement; mais l'examen microscopique faisait reconnaître qu'il n'y avait qu'un plissement oblique accidentel produisant une illusion plus ou moins marquée.

Un autre fait non moins certain, c'est que la section d'un des connectifs de la chaîne abdominale n'empêche pas d'une façon absolue les irritations portant sur les parties situées du même côté et en arrière de se communiquer aux parties antérieures. Ce fait doit vous rappeler les effets consécutifs à l'hémisection de la moelle. Un autre fait bien constant c'est que, ainsi qu'on le sait depuis longtemps et que l'ont fait ressortir Moquin-Tandon, Dugès et d'autres, chaque ganglion est un centre indépendant d'action réflexe et d'actions coordonnées adaptées. Dugès l'a montré sur un grand insecte du Midi, la Mante religieuse; en détachant le prothorax du reste du corps, il pouvait obtenir des mouvements réflexes dans les parties qui dépendent du prothorax.

On ne doit jamais perdre cela de vue en physiologie générale. Ce qui est vrai ici l'est encore pour chaque segment de la moelle des Vertébrés. C'est une série linéaire de centres à la fois indépendants et gouvernés. Permettez-moi cette comparaison : ce sont des provinces avec une administration autonomique, mais soumises à une autorité supérieure.

Ces ganglions sont en outre la source de mouvements spontanés, du moins en apparence; c'est ce que paraissent établir les résultats expérimentaux que je vais dérouler devant vous. Après la section transversale que je pratique sur la chaîne ganglionnaire d'une écrevisse, au niveau d'un des intervalles qui séparent les anneaux de l'abdomen, les mouvements d'ensemble de la locomotion sont abolis. Mais vous observez encore quelques mouvements de temps en temps dans les pattes natatoires, mouvements spontanés, du moins en apparence, simultanés, réguliers, avec des caractères normaux.

Après ces notions sur la physiologie générale du système nerveux des Annelés, je dois vous donner quelques indications sur les fonctions des principaux centres ganglionnaires.

A. *Ganglions sus-œsophagiens.* Parmi tous les ganglions, ceux de la tête ont évidemment des fonctions prépondérantes. M. Yersin avait déjà remarqué du trouble des mouvements après la lésion de cette masse nerveuse. Le grillon ainsi mutilé mord encore du pain qu'on lui présente, mais en même temps il y a un mouvement invincible des pattes qui le pousse en avant. M. Faivre, comme Treviranus, a observé après l'ablation d'un des lobes du ganglion cérébroïde, une rotation du côté opéré vers le côté sain, avec affaiblissement dans les pattes du côté correspondant à la lésion. J'ai vu la même chose chez l'écrevisse; lorsqu'on blesse profondément une des moitiés de la masse ganglionnaire sus-œsophagienne, il y a généralement une tendance à marcher en tournant autour de la partie postérieure de l'abdomen comme axe, et du côté lésé vers le côté sain, ce qu'on observe facilement en remettant l'animal dans l'eau; j'ai pu déterminer, par des lésions du même centre, chez ce Crustacé, un mouvement de rotation autour de l'axe longitudinal. J'ai même vu parfois une tendance à la culbute sur le dos. Rappelez-vous ce que des lésions analogues ont produit chez les Vertébrés, aussi bien pour ces résultats que pour les suivants, et vous serez frappés de la ressemblance des effets. Si l'on enlève tout le ganglion cérébroïde, l'insecte, d'après M. Faivre, continue encore à nager ou à marcher, mais il cesse de se diriger à volonté. Il y a paralysie des deux antennes, mais non des pièces de l'appareil buccal, l'animal mord avec assez de force le doigt que l'on approche de sa bouche. Une section séparant complétement l'un de l'autre les deux lobes ne paralyse ni l'une ni l'autre antenne. J'ai vu à peu près les mêmes faits chez l'écrevisse. Seulement, probablement à cause de la gravité de l'opération, l'affaiblissement était plus considérable.

Digitized by Google

Il y aurait à rechercher dans ces expériences ce que devient l'instinct, celui de la préhension des aliments, par exemple ; ce serait le seul moyen de décider d'une façon définitive jusqu'à quel point la masse ganglionnaire cérébroïde représente le cerveau proprement dit de Vertébrés. Passons aux autres ganglions.

B. *Ganglions sous-œsophagiens.* Les expériences de M. Faivre montrent que la destruction d'une moitié du ganglion sous-œsophagien paralyse les pièces buccales du côté correspondant, et détermine une agitation convulsive des parties homologues du côté opposé en même temps qu'une exaltation de la sensibilité. Si on l'enlève complétement, on observe une paralysie complète des pièces de l'appareil buccal, et en même temps, l'abolition des mouvements spontanés de marche, de nage, bien que l'insecte puisse encore faire mouvoir ses pattes. Donc, pour nous résumer, d'après M. Faivre, les lobes cérébraux seraient le siége de la volonté et de la faculté de se diriger, et les ganglions sous-œsophagiens le siége de la faculté excitatrice et du principe coordinateur. En outre, le ganglion cérébroïde présiderait aux sensations spéciales, le ganglion sous-œsophagien à la préhension et à la mastication. Comme l'admettaient Newport et Siebold, le ganglion cérébroïde répondrait suivant M. Faivre au cerveau, avec les réserves que j'ai faites ; le ganglion sous-œsophagien au cervelet et à la moelle allongée.

Toutefois les expériences ne donnent pas les mêmes résultats absolument chez tous les Annelés. Il est à peine besoin de vous rappeler et de vous montrer ce qui arrive chez les mouches décapitées. Elles continuent encore à voler après la décapitation, comme on l'observe du reste chez les canards. D'autre part, la direction des mouvements de locomotion ne paraît pas toujours être confiée exclusivement aux ganglions céphaliques. Ainsi, comme vous pouvez le voir, si l'on enlève les premiers anneaux de l'extrémité céphalique d'un ver de terre, il continue encore à coordonner ses mouvements de façon à ramper dans le sens normal. Le trouble se manifeste lorsque la section est faite à une certaine distance de l'extrémité antérieure, et se prononce de plus en plus au fur et à mesure que la section est faite plus loin de cette extrémité. Alors le tronçon postérieur ne peut plus, malgré l'énergie considérable de ses mouvements, se déplacer régulièrement d'arrière en avant.

C. *Ganglions thoraciques.* Nous allons voir se produire un effet nouveau dans les expériences sur les ganglions thoraciques. Non-seulement ils ont de l'influence sur les mouvements des membres, mais aussi sur la respiration. Ainsi chez le dytique, d'après M. Faivre, le ganglion métathoracique préside aux mouvements respiratoires. Il les excite, les coordonne et les entretient. Ces mouvements seraient influencés aussi par le ganglion sous-œsophagien qui, d'après le même auteur coordonnerait les mouvements abdominaux liés à la respiration avec les mouvements de la nage et de la marche. Quant aux ganglions abdominaux, ils ne joueraient, par rapport à ces mouvements, que le rôle de conducteurs.

Donc, relativement à la respiration, le ganglion métathoracique correspondrait à la région des centres nerveux déterminée par M. Flourens, comme centre respiratoire ou nœud vital.

Cette assimilation des ganglions thoraciques devient plus frappante encore lorsqu'on connaît les observations de M. Dufour et de M. Fabre sur les Sphex, les Cerceris et les Ammophiles. Le premier de ces insectes pour assurer la nourriture de ses larves qui sont déposées dans un trou, et pour que l'aliment se conserve jusqu'au réveil des larves, renverse les grillons sur le dos et les pique de son aiguillon dans les parties thoraciques. En imitant le Sphex, en piquant une mouche, ou un charançon avec une aiguille trempée dans un liquide irritant, l'ammoniaque, par exemple, on obtient le même effet, que du reste on n'obtiendrait pas en piquant d'autres parties. On observe alors une mort apparente : huit ou quinze jours après, quelquefois plus, il y a encore des manifestations de la vie; de temps en temps on voit une profonde pulsation de l'abdomen : quelquefois, par l'excitation, on détermine des mouvements des antennes, des filets abdominaux; parfois même ces mouvements peuvent être spontanés; les pattes même peuvent se remuer et l'on a observé la défécation. M. Favre a pu conserver ainsi à l'état de léthargie, dans des tubes où la dessiccation était lente, des grillons à l'état frais pendant un mois et demi. En piquant la partie antérieure et médiane de la face inférieure du thorax avec une aiguille non chargée d'un liquide irritant, on produit les mêmes effets, ce qui montre qu'ils sont dus bien plus à la lésion traumatique du système nerveux qu'à des phénomènes d'intoxication.

D. *Ganglions abdominaux.* Quant aux ganglions de la chaîne abdominale, il n'y a rien de spécial. J'ai déjà dit ce qui se passe relativement aux pattes natatoires de l'écrevisse lorsqu'on a coupé la chaîne ganglionnaire en travers, en avant du premier anneau. Il y a un autre effet assez remarquable, c'est qu'il se produit aussitôt des mouvements rhythmiques alternatifs de baillement et d'occlusion de l'orifice anal qui durent pendant plusieurs minutes, et qui sont certainement accompagnés d'une contraction de l'intestin, car il y a d'ordinaire expulsion de matières fécales. Le mouvement par lequel les deux lèvres de l'orifice s'écartent peut être excité par action réflexe, en irritant ces lèvres ou lèvres commissures. On peut encore les exciter même après l'ablation du dernier ganglion : il y a donc probablement des parties centrales ganglionnaires, sources d'actions réflexes, siégeant au voisinage même de l'anus. Je n'ai pas encore pu constater directement leur existence.

E. *Grand sympathique.* M. Faivre a fait aussi des expériences très-intéressantes sur le grand sympathique, soit sur celui qui est en rapport avec les ganglions céphali-

Digitized by Google

ques, soit sur une partie de ce système qu'il a signalée le premier et qui naît du dernier ganglion abdominal. Le temps ne me permettant pas d'insister, je me contente de signaler un des résultats qu'il a obtenus.

Il existe chez certains insectes des mouvements rhythmiques du pharynx. L'ablation, soit du ganglion sus-œsophagien, soit du ganglion sous-œsophagien laisse ces mouvements intacts. L'ablation du ganglion frontal les fait cesser immédiatement. De plus, ce ganglion ainsi que les autres parties du système nerveux stomato-gastrique sont insensibles.

Telles sont les notions que l'expérimentation a fournies jusqu'ici. On voit combien il sera intéressant de poursuivre ces études qui ne peuvent manquer de jeter une assez vive lumière sur la physiologie générale du système nerveux.

E. Bremond.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### XIII, XIV.

**Chaleur de formation des composés organiques.**

Nous allons nous occuper :

1° De la formation des composés organiques, en partant des éléments;

2° Des transformations successives que peuvent éprouver les composés ainsi obtenus.

Les résultats que nous allons développer sont applicables, non-seulement à la formation des composés organiques dans les laboratoires, c'est-à-dire à leur synthèse artificielle, mais aussi à la formation de ces mêmes composés dans la nature, c'est-à-dire à leur synthèse naturelle au sein des végétaux et des animaux. C'est également en vertu des mêmes principes que l'on doit expliquer la production de la chaleur animale. Passons donc en revue les principales classes de composés organiques et examinons la chaleur dégagée dans leur formation.

La première question qui se présente est celle-ci : Quel est le travail produit par la combinaison du carbone et de l'hydrogène, lors de la formation des carbures d'hydrogène? c'est-à-dire lorsque nC + mH produisent

$$C^2H^4;\quad C^4H^4;\quad C^{10}H^{10};\quad C^{20}H^{16};\ \text{etc.}$$

Ces carbures étant formés, nous les prendrons ensuite comme point de départ; nous y ajouterons d'abord de l'oxygène, ou de l'oxygène et de l'hydrogène, pour donner naissance aux alcools :

$$C^2H^4+O^2=C^2H^4O^2;\quad C^4H^4+H^2O^2=C^4H^6O^2.$$

(1) Voyez les nos 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34 et 35; et pour le cours du premier semestre, les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

Au moyen des alcools, on obtiendra par oxydation deux classes importantes de composés, les aldéhydes et les acides.

$$1^\circ\quad C^4H^6O^2+O^2=C^4H^4O^2+H^2O^2;$$

$$2^\circ\quad \begin{cases} C^4H^6O^2+O^4=C^4H^4O^4+H^2O^2, \\ C^4H^6O^2+O^{10}=C^4H^2O^8+2H^2O^2. \end{cases}$$

Viennent maintenant les corps qui résultent de la combinaison de ces divers principes oxygénés entre eux, par exemple les éthers; nous étudierons donc le travail nécessaire à la formation de ces composés secondaires :

$$C^4H^6O^2+C^4H^4O^4-H^2O^2.$$

Enfin, on terminera par la formation des amides, c'est-à-dire des corps azotés, en tant que formés soit par les éléments, soit par l'union de l'ammoniaque avec les corps oxygénés.

On aura ainsi groupé tous les faits connus sur cette question, en en donnant l'application aux principaux groupes des composés organiques.

Voyons d'abord le principe général sur lequel nous nous appuierons pour arriver à ce résultat.

En général, dans la chimie organique, on ne peut pas mesurer directement le travail produit par chaque transformation. Tantôt les actions sont trop lentes; tantôt elles se produisent avec des complications diverses et d'une manière indirecte, toutes circonstances qui écartent les mesures directes. On peut cependant réussir, mais à la condition de partir d'un système initial convenablement choisi et de mesurer le travail produit pour arriver à un système final défini; en un mot, il faut faire abstraction des réactions secondaires intermédiaires et ne considérer que le résultat final. On peut alors, en choisissant convenablement les termes de comparaison, atteindre le résultat cherché.

Pour rendre notre pensée, prenons un cas simple, celui du gaz des marais $C^2H^4$; quelle est la chaleur dégagée lors de la formation de ce composé?

Nous prendrons comme système initial les éléments

$$C^2+H^4+O^8.$$

Dans une première transformation, nous réunirons directement l'oxygène avec le carbone d'une part, avec l'hydrogène d'autre part, ce qui répond à la réaction suivante :

$$C^2+H^4+O^8=C^2O^4+2H^2O^2.$$

Nous mesurons la chaleur dégagée dans cette réaction, laquelle est trouvée égale (à 0 degré) à 232 000 calories.

Dans une seconde suite de transformations, nous formons d'abord le gaz des marais avec le carbone et l'hydrogène, sans faire entrer l'oxygène en réaction

$$(C^2+H^4)+O^8=(C^2H^4)+O^8.$$

puis nous combinons le gaz des marais avec l'oxygène,

$$C^2H^4+O^8=C^2O^4+2H^2O^2.$$

nous mesurons la chaleur dégagée dans cette dernière réaction, soit 210 000 calories.

Il s'agit de calculer la chaleur dégagée lors de la réu-

Digitized by Google

nion du carbone avec l'hydrogène pour former le gaz des marais. Or nous sommes partis, dans nos deux séries de réactions, du même système initial,

$$C^2H^4 + O^8,$$

pour arriver au même système final

$$C^2O^4 + 2H^2O^2.$$

Ces deux systèmes étant pris d'ailleurs dans des états identiques. Dès lors les quantités de chaleur dégagées sont nécessairement les mêmes dans les deux séries de transformations. Dans la première, la quantité de chaleur est connue par expérience et égale à 232 000 ; dans la seconde série elle est égale à 210 000 + $x$; $x$ étant la chaleur dégagée dans la formation du gaz des marais avec ses éléments. On a donc

$$232\,000 = 210\,000 + x;$$

d'où

$$x = 22\,000 \text{ calories.}$$

Telle est la quantité de chaleur dégagée lorsque l'on passe du carbone (diamant) et de l'hydrogène gazeux, pris à la température de 0 degré, au gaz des marais, pris dans son état actuel et à la même température. Ceci répond à la chaleur dégagée par le seul fait de cette combinaison, qu'elle ait lieu d'ailleurs directement (ce qui n'est pas le cas actuel), ou qu'elle s'opère par une série quelconque de réactions.

En général, étant donnés deux systèmes différents, qui contiennent les mêmes proportions de carbone, d'hydrogène et d'oxygène et qui sont pris chacun dans un état bien défini, si on les brûle par l'oxygène, de façon à obtenir les mêmes quantités d'eau et d'acide carbonique, la différence entre les chaleurs de combustion de ces deux systèmes est égale à la quantité de chaleur dégagée (ou absorbée) lorsque l'un des systèmes se transforme dans l'autre, et par le seul fait de cette transformation, envisagée indépendamment de tout autre phénomène.

Les chaleurs de combustion qui figuraient jusqu'ici dans les traités comme des chiffres isolés et dont la signification théorique demeurait obscure prennent, par ces déductions, une importance inattendue et permettent de calculer les chaleurs dégagées dans la transformation organique. Telle est l'application nouvelle que je propose d'introduire dans la science.

Mais il est essentiel de bien définir les états dans lesquels les corps se trouvaient lorsqu'on a effectué leur combinaison ou leur combustion; sinon, on pourrait commettre de graves erreurs.

Étudions d'abord la chaleur de combustion des éléments. Ce seront les données premières de tous les autres calculs.

1° *Carbone.* La chaleur de combustion du carbone a été donnée par différents observateurs. Voici leurs nombres que j'ai rapportés au poids atomique 12, le produit étant de l'acide carbonique.

$$C^2 + O^4 = C^2O^4.$$

| | | |
|---|---|---|
| Despretz | | 94 400 |
| Favre et Silbermann | Charbon de bois | 96 060 |
| | Diamant et graphite | 93 240 |
| Grassi | | 92 500 |

Nous adopterons la valeur moyenne 94 000 calories, pour la chaleur dégagée dans la formation de l'acide carbonique avec le carbone pur, à la température de zéro degré.

2° L'*oxyde de carbone* présente des divergences plus grandes. En rapportant les résultats des auteurs à son équivalent $C^2O^2 = 28$ grammes.

$$C^2O^2 + O^2 = C^2O^4.$$

| | |
|---|---|
| Dulong | 73 700 |
| Favre et Silbermann | 67 300 |
| Grassi | 66 000 |
| Andrews | 68 100 |

Nous adopterons pour valeur moyenne le chiffre 69 000.

A quoi répond maintenant la formation de ce même oxyde de carbone avec les éléments ?

C'est évidemment

$$94\,000 - 69\,000 = 25\,000$$

Telle est la quantité de chaleur qui répond à la réaction :

$$C^2 + O^2 = C^2O^2.$$

3° *Hydrogène :*

$$H^2 + O^2 = H^2O^2.$$

On trouve pour la chaleur de combustion de $H^2$ (2 gr.) :

| | |
|---|---|
| Dulong | 69 500 |
| Hess | 69 600 |
| Favre et Silbermann | 68 900 |
| Grassi | 69 300 |
| Andrews | 67 600 |

La valeur moyenne est 69 000.

On remarquera que la chaleur de combustion de l'hydrogène ($H^2$) est précisément la même que celle de l'oxyde de carbone ($C^2O^2$), ces deux gaz étant pris sous le même volume.

Les nombres qui précèdent représentent la chaleur dégagée dans la formation de l'eau, de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique à la température de 0 degré. Mais, avant d'aller plus loin, il est nécessaire d'examiner quelle serait cette chaleur à d'autres températures, telles que celles auxquelles s'opèrent la plupart des réactions organiques : à 200, à 400 degrés par exemple; il faut surtout chercher à calculer la chaleur atomique de formation de ces divers composés, conformément aux définitions données dans la huitième leçon.

Commençons par la formation de l'eau. En admettant que cette formation, à 0 degré, dégage 69 000 calories, nous avons démontré que si elle s'effectuait à 200 degrés, c'est-à-dire au moyen d'éléments pris à cette température, et le produit de la réaction s'y trouvant également ramené, la formation de l'eau donnerait lieu à 58 760 calories, ou à 59 000, en nombre rond.

Il s'agit encore de calculer la chaleur de combinaison atomique de l'hydrogène avec l'oxygène. Cette chaleur

Digitized by Google

suppose l'eau ramenée à l'état de gaz parfait et possédant une chaleur spécifique égale à celle de ses éléments; ceux-ci peuvent d'ailleurs être supposés actuellement posséder l'état de gaz parfaits, sans erreur appréciable dans ce genre de calcul.

La vapeur d'eau entre 120 et 220 degrés possède une chaleur spécifique moyenne égale à 0,48; sa chaleur spécique atomique moyenne, dans ces intervalles, sera donc pour $H^2O^2$,

$$0,48 \times 18 = 8,65.$$

Ce chiffre est inférieur à la chaleur spécifique atomique des éléments

$$\begin{aligned} H^2 &= 3,41 \times 2 = 6,82 \\ O^2 &= 0,217 \times 16 = 3,48 \\ H^2 + O^2 &= 10,30 \end{aligned}$$

Ces chiffres prouvent que entre 120 et 220 degrés, la vapeur d'eau n'est pas un gaz parfait. A quelle température pouvons-nous admettre que la chaleur spécifique de ce corps devient sensiblement égale à celle de ses éléments? Nous admettrons qu'il possède cet état à une distance de son point d'ébullition analogue à celle à laquelle l'acide carbonique le possède. C'est le seul terme de comparaison rigoureux que nous possédions; la correction que nous voulions faire est d'ailleurs assez faible pour que l'hypothèse actuelle donne des résultats fort peu éloignés de la réalité quelle qu'elle soit. Or M. Regnault a trouvé pour les chaleurs spécifiques de l'acide carbonique les nombres suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| A 30 degrés..... | 0,184, | c'est-à-dire pour $C^2O^4 = 44$ : | 8,3 |
| A 200 » ..... | 0,214 | » ..... | 9,4 |
| A 200 » ..... | 0,239 | » ..... | 10,5 |

A 200 degrés, l'acide carbonique peut être considéré comme gaz parfait; nous montrerons d'ailleurs tout à l'heure que sa chaleur spécifique atomique à cette température est précisément la somme de celles de l'oxyde de carbone et de l'oxygène, au moyen desquels on peut le former. Or 200 degrés surpasse d'environ 300 degrés le point de liquéfaction de ce gaz (— 80°). On peut par analogie admettre comme vraisemblable que l'eau est un gaz parfait vers 400 degrés. A cette température, sa chaleur spécifique atomique serait égale à 10,3.

Entre 200 et 400 degrés nous admettrons qu'elle a une valeur moyenne égale à

$$\frac{1}{2}(10,3 + 8,65) = 9,5.$$

Dès lors la chaleur de la formation de l'eau peut être calculée à 400 degrés. Au-dessus de cette température, elle demeurerait invariable, d'après les notions que nous avons développées. Pour faire ce calcul, on a l'équation suivante, déjà signalée

$$Q_T = Q_t + U - V.$$

$Q_T$ étant la chaleur dégagée à 400 degrés;

$Q_t$ à 200 degrés; V est la chaleur absorbée par les éléments entre 200 et 400 degrés; V, la chaleur dégagée par la vapeur d'eau entre 400 et 200 degrés,

En faisant le calcul pour l'eau à 400 degrés, on aura :

$$\begin{aligned} &V \text{ (chaleur des éléments) } 10,3 \times 200 = 2060 \\ &V \text{ (chaleur du composé) } 9,5 \times 200 = 1900 \\ &\text{différence..... } 160 \text{ calories.} \end{aligned}$$

Ainsi la chaleur dégagée par la combustion de l'eau à 200 degrés est inférieure de 160 calories environ, à celle qui serait dégagée à 400 degrés. On a donc pour cette chaleur dégagée à 400 degrés,

$$58\,760 + 160 = 58\,920.$$

Soit 59 000 en nombre rond.

Telle est la chaleur atomique dégagée lors de la formation de l'eau, considérée indépendamment de la température et des changements d'états qui peuvent se produire; 59 000 calories en un mot représentent le véritable travail dû aux affinités. Vous voyez que le calcul fait pour 200 degrés n'en diffère pour ainsi dire pas. C'est ce qui arrive pour la plupart des composés gazeux formés avec des éléments gazeux. Leur chaleur de formation atomique ne diffère guère de leur chaleur de formation actuelle.

Faisons le même calcul pour l'acide carbonique, en tant que formé d'oxyde de carbone et d'oxygène :

$$C^2O^2 + O^2 = C^2O^4,$$

chaleur dégagée, 69 000 calories à 0 degré.

L'oxyde de carbone et l'oxygène peuvent être considérés comme des gaz parfaits, dès la température ordinaire, et il en est de même, comme on l'a vu, de l'acide carbonique considéré à 200 degrés.

Or voici la chaleur spécifique atomique des éléments de l'acide carbonique :

$$\begin{aligned} C^2O^2 &.....0,245 \times 28 = 6,86 \\ O^2 &.....0,217 \times 16 = 3,48 \\ & \qquad\qquad\qquad\qquad 10,34 \\ U &= 10,34 \times 200. \end{aligned}$$

D'autre part, on a pour la chaleur spécifique de $C^2O^4$, de 0 à 200 degrés, 0,217; d'où chaleur spécifique d'un équivalent :

$$\begin{aligned} 0,217 \times 44 &= 9,55. \\ V &= 9,55 \times 200 \\ U - V &= 0,8 \times 200 = 160. \end{aligned}$$

Ce chiffre doit être ajouté à 69 000. Mais comme 69 000 n'est pas connu à 160 calories près, on peut négliger la correction et admettre que la chaleur de combinaison de $C^2O^2 + O^2$ est égale à 69 000 calories environ, à 200 degrés.

Au-dessus de 200 degrés elle restera invariable; car la chaleur spécifique atomique de l'acide carbonique $C^2O^4 = 10,5$ à 200 degrés, se confond avec la somme de celles de ses composants : 10,3.

Par conséquent ce chiffre 69 000 peut être adopté pour la chaleur atomique de formation de l'acide carbonique avec l'oxyde de carbone et l'oxygène.

Il importe de remarquer la valeur réelle de ces chiffres. Par exemple, on dit généralement que la chaleur de combustion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone sont les mêmes, mais cela n'a lieu que si l'on compare la

Digitized by Google

formation de l'eau liquide à celle de l'acide carbonique gazeux. Si l'on se place dans des états physiques identiques, il en est tout autrement. En effet, si au lieu de considérer l'eau liquide à 0 degré, on la prend à l'état de gaz, à 200 ou à 400 degrés, comme l'acide carbonique, alors on a une différence égale à

$$69\,000 - 59\,000 = 10\,000 \text{ calories.}$$

Il y a donc une différence égale à 1/6 environ, entre les chaleurs atomiques des deux combinaisons.

Venons à la formation de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone, au moyen du carbone lui-même. C'est là une question beaucoup plus délicate au point de vue de la chaleur atomique. En effet, le carbone, qui est solide à la température ordinaire est un corps extrêmement loin de son point de fusion et de volatilisation. Pour avoir la chaleur atomique de ce corps, il faut recourir à des hypothèses que nous signalerons, plutôt pour donner une idée du problème, qu'avec la prétention de le résoudre exactement.

Il est permis de raisonner sur le carbone gazeux, car ce corps peut en réalité se volatiliser, comme le prouve l'analyse spectrale de l'arc électrique et des flammes des composés hydrocarbonés, du cyanogène, du sulfure de carbone, de l'oxyde de carbone, lesquelles contiennent toutes de la vapeur de carbone. Mais ce phénomène n'a lieu qu'à une température excessivement élevée, qu'il est même difficile d'apprécier, mais qu'on peut évaluer à 4 000 ou 5 000 degrés, peut-être davantage.

1° Supposons la réaction

$$C^2 + O^2 = C^2O^2.$$

nous prendrons comme base des calculs la chaleur spécifique du diamant, comme présentant l'état du carbone le plus pur. On a du reste pour la chaleur spécifique des divers carbones les nombres suivants :

| | |
|---|---|
| Charbon..... | 0,24 |
| Graphite..... | 0,20 |
| Diamant..... | 0,147 |

La chaleur spécifique du diamant n'est environ que le quart de celle que l'on devrait admettre d'après le poids atomique du carbone.

$$0,147 \times 12 = 1,76.$$

En effet, ce même produit par les éléments solides est en moyenne égal à 6,8. Cette différence mérite d'être remarquée tout d'abord dans l'exécution des calculs que nous allons faire sur le carbone, comme aussi dans la discussion de la loi de Dulong.

En effet, ici ce n'est pas le poids atomique 12 qui est mal fixé, c'est la chaleur spécifique qui est en défaut et cela paraît tenir à ce que le carbone est infiniment loin de son point de fusion et de volatilisation. Il en est beaucoup plus éloigné que ne le sont la plupart des autres corps, comme l'iode, le brome, les métaux, etc. Dès lors les états physiques de ces corps pris sous forme solide ne sont pas comparables à celui du carbone. Calculons d'abord la formation de l'oxyde de carbone à 200 degrés, en admettant la chaleur spécifique du carbone solide invariable jusqu'à 200 degrés.

$$Q_{200} = Q_0 + U - V.$$

| | |
|---|---|
| $C^2$..... | 1,76 |
| $O^2$..... | 3,48 |
| $C^2 + O^2$..... | 5,24 |

Donc

$$U = 5,24 \times 200.$$

| | |
|---|---|
| $C^2O^2$..... | 6,86 |

Donc

$$V = 6,86 \times 200$$

$$U - V = -1,62 \times 200 = -324.$$

La chaleur de formation de l'oxyde de carbone est donc moindre à 200 degrés qu'à 0 degré, et la différence est égale à environ 300 calories.

Envisageons maintenant la réaction à une température plus élevée. Qu'arrivera-t-il si l'on élève continuellement la température du carbone? Pour faire le calcul, il faudrait savoir comment varie la chaleur spécifique de ce corps, chaleur spécifique qui s'accroît probablement sans cesse avec la température ; il faudrait savoir encore à quelle température il fond, quelle est sa chaleur de fusion, quelles sont ses chaleurs spécifiques à l'état liquide ; à quelle température il entre en ébullition ; quelle est sa chaleur de vaporisation ; enfin quelles sont ses chaleurs spécifiques sous forme de vapeur, jusqu'à la température où le carbone possède l'état de gaz parfait. Ce sont là des données que nous ignorons.

Cependant comme il paraît utile de se faire quelque imagination des phénomènes, nous allons faire les hypothèses nécessaires pour pouvoir calculer la chaleur atomique de formation de l'oxyde de carbone :

1° Admettons que le carbone prenne l'état liquide à 3000 degrés, sa chaleur spécifique restant la même jusque-là :

$$U - V = -1,63 \times 3000 = -5000 \text{ calories environ.}$$

On aurait donc

$$25\,000 - 5000 = 20\,000 \text{ calories,}$$

pour la formation de l'oxyde de carbone à la température de 3000 degrés; mais ce chiffre est évidemment trop faible, puisque la chaleur spécifique du carbone a dû s'accroître avec la température. Nous adopterons la moitié de la correction comme étant plus probable : ce qui nous donne 22 500 calories.

2° Négligeons l'intervalle de liquidité pendant lequel le terme U—V, proportionnel à la différence entre les chaleurs spécifiques atomiques des éléments et celle du composé n'apporte, dans tous les cas connus, qu'une correction relativement faible ; négligeons encore, par la même raison, l'intervalle qui sépare la volatilisation du carbone de son état gazeux parfait, nous nous trouvons ainsi amenés à ne tenir compte que de la chaleur de fusion et de volatilisation du carbone.

3° Nous calculerons ces deux quantités d'après la den-

Digitized by Google

sité de vapeur du carbone, c'est-à-dire en admettant, avec la plupart des auteurs, que l'oxyde de carbone est formé par volumes égaux d'oxygène et de carbone gazeux, sans condensation :

$$C^2 + O^2 = C^2O^2,$$

hypothèse qui s'accorde fort bien avec la chaleur spécifique de l'oxyde de carbone.

Le poids $C^2 = 12$ répondrait ainsi à 2 volumes de vapeur et $C^4$ à 4 volumes, précisément comme $O^4$, ce qui est d'accord avec les analogies chimiques.

4° Ceci posé, la formation d'un équivalent gazeux, c'est-à-dire d'un poids correspondant à 4 volumes de vapeur, pour les corps les plus divers et sous la pression atmosphérique, absorbe des quantités de chaleur qui varient entre 6000 et 11 000 calories, dans les cas extrêmes. Ce sont là des nombres trouvés par expérience. La valeur moyenne est en nombre rond de 8500 calories. Nous adopterons ce chiffre pour $C^4 = 24$ grammes de carbone.

5° La chaleur de fusion est plus incertaine. Nous admettrons 1500 calories pour $C^4 = 24$ grammes ; c'est à peu de chose près le chiffre de l'eau; c'est également la moyenne des principaux chiffres relatifs aux chaleurs de fusion des éléments qui ont été déterminées, lesquelles oscillent de 500 à 3000 pour le même équivalent gazeux.

Nous avons ainsi :

| | |
|---|---|
| Chaleur de formation de l'oxyde de carbone à 0°..... | + 25 000 |
| U — V jusqu'à 3000°..... | — 2 500 |
| U (chaleur de volatilisation du carbone = $C^2$).. | + 4 250 |
| U (chaleur de fusion du carbone = $C^2$)..... | + 750 |
| Chaleur de formation atomique de l'oxyde de carbone..... | 27 500 |

On déduit de là la chaleur atomique de formation de l'acide carbonique avec les éléments,

$$69\,000 + 27\,500 = 96\,500.$$

J'ai cru devoir exposer ces calculs, malgré la nature incertaine des hypothèses sur lesquelles elles reposent, afin de vous faire comprendre quels sont les éléments qui interviennent pour modifier les chaleurs de combinaison atomique, et quel est l'ordre de grandeur de ces quantités relativement au carbone, c'est-à-dire au générateur fondamental des composés organiques.

Nous allons maintenant aborder l'étude spéciale de la formation des composés organiques.

*Formation des hydrocarbures.*

Soit d'abord le gaz des marais, $C^2H^4$

1° $C^2 + H^4 + O^8$ donnent.... $\begin{cases} C^2O^4 \ldots & 94\,000 \text{ calories.} \\ 2H^2O^2 \ldots & 138\,000 \quad » \end{cases}$ 232 000

2° $C^2H^4 + O^8 = C^2O^4 + 2H^2O^2$.

Cette combustion donne, calculée d'après les résultats de

| | | |
|---|---|---|
| Dulong..... | 211 000 | calories. |
| Favre et Silbermann,.... | 209 000 | » |
| Andrews..... | 209 700 | » |

Soit en moyenne, 210 000.

Donc enfin, pour la chaleur de formation de $C^2H^4$ avec $C^2 + H^4$ on a :

$$232\,000 - 210\,000 = 22\,000.$$

Examinons cette chaleur de formation à diverses températures, en faisant d'abord varier la température dans les limites et avec les données de l'expérience ; puis, en considérant le gaz des marais à l'état de gaz parfait et au point de vue de la chaleur de combinaison atomique :

1° A 200 degrés, calcul de U—V.

U (éléments),

Pour $C^2$..... 1,76 (chaleur spéc. de l'équiv.)
Pour $H^4$..... 13,64 (chaleur spéc. de l'équiv.)

U = ..... 15, 4 × 200

V (composé)

$C^2H^4$..... 0,59 × 16 = 9,4 (chaleur spéc. atomique)

V = 9,5 × 200.

On a donc, pour 200 degrés :

$$(15,4 - 9,5)\ 200 = 5,9 \times 200 = 1200 \text{ calories environ.}$$

Donc à 200 degrés, le gaz des marais dégagera par sa formation :

$$22\,200 + 1200 = 23\,200.$$

A 600 degrés, il est probable que la chaleur spécifique atomique de ce gaz serait égale à la chaleur spécifique théorique de ses éléments, c'est-à-dire pour

| | |
|---|---|
| $C^2$.. ..... | 3,41 |
| $H^4$..... | 13,64 |
| | 17,05 |

Le gaz des marais existe d'ailleurs encore à cette température. Pour calculer sa chaleur de formation à 600 degrés, nous admettrons qu'entre 200 et 600 degrés la chaleur spécifique d'un équivalent de gaz des marais est égale en moyenne à

$$\tfrac{1}{2}(17 + 9,5) = 15,2.$$

Nous conserverons la chaleur spécifique du carbone solide déterminée à la température ordinaire, faute de données convenables pour pouvoir la rectifier. On a donc

$$(15,4 - 13,2) \times 400 = 880 \text{ calories.}$$

Ainsi, vers 600 degrés, la chaleur de formation du gaz des marais serait égale à 24 000 calories environ, chiffre qui n'est probablement pas très-loin de la vérité.

La chaleur de combinaison atomique relative à ce carbure d'hydrogène est plus difficile à calculer. Elle représente d'ailleurs une définition fictive, car le gaz des marais se décompose complétement, à une température bien inférieure à celle où le carbone prend la forme gazeuse. Effectuons cependant ce calcul en supposant le carbone gazeux à 3000 degrés, et avec les diverses hypothèses signalées plus haut. Nous trouverons qu'il faut ajouter environ 5000 calories au chiffre précédent d'où

$$24\,000 + 5000 = 29\,000 \text{ calories.}$$

Ce serait la chaleur de combinaison atomique du gaz des marais, c'est-à-dire celle qui répond à la production du gaz parfait, obtenu par la réunion de deux gaz parfaits.

Digitized by Google

Il est probable que la chaleur atomique de formation des corps pourra être définie un jour d'une façon plus exacte en séparant les effets dus aux changements physiques de ceux qui résultent des changements chimiques, et sans avoir besoin de recourir aux hypothèses que nous sommes obligé d'invoquer ici. Mais je crois devoir donner ces calculs, si imparfaits qu'ils soient, pour appeler votre attention sur la définition théorique de ces deux ordres de notions, séparation sur laquelle roulera sans doute un jour toute la mécanique chimique.

Mais revenons à la formation du gaz des marais. On a vu que cette formation, rapportée à la température de zéro, donne lieu à un dégagement de chaleur égal à 22 000 calories. Ce nombre est le même quel que soit du reste le mécanisme suivant lequel s'effectue cette réaction,

A 200 degrés on aura..... 23 000 calories.
A 600 » » ..... 24 000 »

Ces nombres donnent lieu à des rapprochements intéressants, lorsqu'on les compare à ceux qui répondent à la formation de l'eau, de l'acide chlorhydrique, de l'ammoniaque; en effet :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $H^2+O^2$ | dégagent à 0 degré | 69 000 calories; | à 200 degrés : | 59 000 |
| $H+Cl$ | » » | 24 000 » | | |
| $Az+H^3$ | » » | 23 000 » | | |
| $C^2+H^4$ | » » | 22 000 » | à 200 » | 24 000 |

Telles sont les quantités de chaleur qui se dégagent lors de la formation d'un même volume gazeux de ces composés. On voit que celles qui se rapportent à l'ammoniaque, à l'acide chlorhydrique, au gaz des marais sont sensiblement égales, bien que ces corps prennent naissance dans des conditions fort différentes.

Comparons maintenant ce nombre avec les réactions qui produisent le gaz des marais. Au moyen des éléments j'ai obtenu le gaz des marais de plusieurs manières différentes. Par exemple, avec le sulfure de carbone, l'hydrogène sulfuré et le cuivre

1° $$C^2S^4+2H^2S^2+8Cu^2=8(Cu^2S)+C^2H^4.$$

Nous savons quelle est la chaleur de combustion de $C^2S^4$;

(258 500 calories)

mais malheureusement celles qui répondent à l'acide sulfhydrique et au sulfure de cuivre ne sont pas connues; pour le premier corps, le nombre donné par MM. Favre et Silbermann est inexact, étant fondé sur une réaction mal interprétée (1). En raison de cette incertitude nous ne pouvons décider si la réaction précédente est accompagnée par un dégagement de chaleur.

Il en est autrement de la réaction suivante :

(1) Ils ont déduit ce nombre de l'action de l'hydrogène sulfuré sur l'acide sulfureux, admettant que cette action a lieu d'après l'équation

$$2HS+SO^2=H^2O^2+3S.$$

Or, on sait aujourd'hui que dans cette réaction il se produit une grande quantité d'acide pentathionique. — Tous les nombres relatifs aux sulfures donnés par ces auteurs sont dès lors inexacts.

2° Le gaz des marais prend naissance lorsqu'on décompose le formiate de baryte

$$4(C^2HBaO^4)=2(C^2O^4Ba^2O^2)+C^2O^4+C^2H^4.$$

Pour calculer la chaleur dégagée dans cette réaction, il faut envisager un état initial et un état final convenables. Nous partirons de l'état initial

$$4(C^2+H^2+O^6+BaO,HO),$$

et nous arriverons à l'état final :

$$4(CO^2,BaO+CO^2+3HO).$$

On arrive au but, par deux routes différentes.

*Première route :*

$4(C^2+O^4)=4C^2O^4$, soit..... 376 000 calories.
$4(H^2+O^2)=4H^2O^2$, soit..... 276 000 »
$4(CO^2+BaO+HO)=4(CO^2,BaO+HO)$. . 4A.

(A n'est pas connu; mais on peut regarder cette quantité comme comprise entre 15 et 20 000, d'après les analogies).

La somme des chaleurs dégagées est donc 652 000 + A.

*Deuxième route :*

$4(C^2+O^2)=4C^2O^2$..... +100 000
$4(H^2+O^2)=4H^2O^2$..... +276 000
$4(C^2O^2+H^2O^2)=4C^2H^2O^4$..... −108 000
$4(C^2H^2O^4+BaO,HO)=4C^2HBaO^4+4HO$..... +4A'
$4C^2HBaO^4=4(CO^2,BaO)+C^2O^4+C^2H^4$... $x$
$C^2H^4+O^8=C^2O^4+2H^2O^2$..... +210 000
$478\,000+4A'+x$

Les quantités de chaleur dégagées dans les deux cas étant égales, on tire de là : $x$, c'est-à-dire la chaleur dégagée dans la formation du gaz des marais au moyen du formiate de baryte

$$x=174\,000+4(A-A').$$

Pour compléter le calcul, il faudrait connaître exactement la chaleur de formation du carbonate de baryte solide avec le gaz carbonique et l'hydrate de baryte, et celle du formiate de baryte solide, avec l'acide formique monohydraté et le même hydrate de baryte. Or ces deux quantités doivent être peu différentes, comme tous les nombres relatifs à l'union d'une même base avec divers acides. La différence A—A' ne saurait donc être, en toute hypothèse, qu'une petite quantité relativement au nombre 174 000 (1). Ainsi, la production du gaz des marais, dans cette circonstance, peut être appliquée sans faire intervenir d'autres forces que les affinités chimiques proprement dites.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

(1) Pour être tout à fait rigoureux, il faudrait rapporter les résultats à la température même à laquelle s'opère la décomposition, c'est-à-dire à 250 degrés environ, pour le formiate de baryte, à 360 degrés pour l'acétate de soude, etc. Les données nécessaires pour compléter le calcul à ce point de vue manquent. Mais il est facile de s'assurer que, parmi les corrections ainsi obtenues, les seules qui dépassent la limite d'erreur des chaleurs de combustion sont relatives aux changements d'états et surtout à la formation des composés gazeux. Nous nous bornerons à tenir compte de cette dernière circonstance, toutes les fois qu'elle se présentera.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 38. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 19 AOUT 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 » | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

Six mois..... Paris, 15 fr. Départ., 18 fr. Étranger, 20 fr.
Un an..... — 26 — 30 — 35

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences.**

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : Cantonnement primitif et lieu primitif d'habitation de l'homme.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : Chaleur de formation des composés organiques.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XXXVI. Y a-t-il des nerfs trophiques. — Théorie des sécrétions.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique végétale.** — Cours de **M. Georges Ville** : Idées des chimistes sur la constitution des corps organiques.

Paris, 18 août 1865.

M. Pasteur a présenté lundi dernier à l'Académie des sciences, une note de MM. Leplat et Jaillard, internes au Val-de-Grâce, contenant le résultat des expériences qu'ils ont entreprises relativement à la maladie connue sous le nom de *sang de rate* ou *pustule maligne*. MM. Leplat et Jaillard contestent que l'existence de cette maladie suppose nécessairement, ainsi que le soutient M. Davainne, la présence de bactéridies dans le sang des animaux qui en sont attaqués. M. Pasteur fait remarquer en déposant ce travail que les auteurs ont confondu à tort les bactéridies avec le ferment butyrique découvert par lui, il y a quelques années. M. Davainne avait occasionné autrefois cette confusion en appelant bactéries les filaments qu'il avait trouvés dans le sang des animaux atteints de la maladie charbonneuse; mais dans ses derniers travaux, il a toujours eu soin de les distinguer du ferment butyrique en leur donnant le nom de bactéridies. M. Davainne doit présenter lundi prochain à l'Académie une note contenant le résultat des expériences qu'il vient de faire à ce sujet cette semaine même, et qui sont de nature à jeter un nouveau jour sur cette question.

M. Pasteur lit ensuite un nouveau mémoire *sur les maladies et le mode de conservation des vins*, qui contient les conclusions générales de son travail. En résumé, il résulte de ces recherches que l'amélioration qu'éprouve le vin en vieillissant est due surtout à l'absorption de l'oxygène de l'air, et que le bouquet est également une conséquence du même phénomène. Quant aux maladies qui affectent les vins, M. Pasteur affirme de nouveau qu'elles sont dues au développement d'êtres parasites de la nature des ferments dont il met une photographie sous les yeux de l'Académie, et il rappelle qu'on peut détruire les germes de ces êtres parasites par une chaleur modérée maintenue pendant quelques heures, et mettre ainsi les vins à l'abri de toute cause d'altération. D'après les premières expériences de M. Pasteur, il fallait chauffer le vin à 60 ou 70 degrés; mais il espère aujourd'hui qu'il suffira d'une température de 45 à 50 degrés environ : ce serait là un résultat important, car, dans le midi de la France, on pourrait obtenir cette température par la seule action des rayons solaires en construisant des hangars couverts de deux vitrages superposés, sous lesquels seraient placés les pièces de vin, et l'on produirait ainsi l'échauffement nécessaire sans avoir à faire la moindre dépense de combustible.

M. Rayer présente un mémoire d'un agrégé de la Faculté de médecine de Strasbourg sur l'*ovariotomie* qu'il a pratiquée une vingtaine de fois déjà, le plus souvent avec succès, malgré les circonstances défavorables dans lesquelles il a quelquefois opéré.



Digitized by Google

M. Thenard a déposé une nouvelle note de M. Gernez, contenant la description des expériences qu'il vient d'exécuter pour répondre aux dernières objections soulevées par ses travaux sur la *cause de la cristallisation subite des dissolutions sursaturées*, particulièrement des dissolutions de sulfate de soude, et prouver directement la présence du sulfate de soude dans l'air.

Enfin M. Claude Bernard a déposé, au nom d'un savant étranger, un mémoire consacré surtout à l'anatomie de la moitié antérieure du globe de l'œil chez l'homme, étudiée au point de vue de l'explication du mécanisme de l'accommodation de l'œil aux différentes distances.

Nous rappelons à nos lecteurs que l'exposition des *insectes utiles* et des *insectes nuisibles*, organisée au palais de l'Industrie (pavillon sud-ouest), par les soins de la Société centrale d'agriculture, sous la présidence de M. Émile Blanchard (de l'Institut), professeur d'entomologie au Muséum d'histoire naturelle, a ouvert ses galeries au public mardi dernier 15 août. Cette exposition est aussi utile par les travaux et les rapprochements qu'elle peut susciter, qu'intéressante pour les gens du monde par l'extrême variété des mœurs, des produits et des dégâts des nombreux animaux compris dans la grande classe des Insectes.

D'après deux décrets contenus au *Moniteur* d'hier, la chaire de *chimie organique* est définitivement instituée au Collége de France, et M. Berthelot, qui la remplissait avec tant d'éclat, à titre provisoire, depuis plus de dix-huit mois, en est nommé titulaire. E. A.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES
(de l'Institut).

### IV.

**Examen de la théorie d'Agassiz (fin). — Cantonnement primitif et lieu primitif d'habitation de l'homme.**

Dans notre dernière leçon nous avons examiné au fond et dans son principe la théorie d'Agassiz. Nous avons vu que, comme la plupart des naturalistes modernes, il admet des centres multiples de création; mais ce qui le sépare des autres et constitue sa théorie, c'est qu'il attache une race humaine primitive, qui n'est rien autre chose qu'une véritable espèce, à chacun de ces centres zoologiques. Nous avons vu que cette doctrine n'est pas nouvelle, qu'elle a pris naissance dans l'interprétation de la Bible, et qu'ainsi un polygénisme biblique fut opposé d'abord au monogénisme biblique. C'est donc sur le terrain théologique que se débattirent pour la première fois les questions relatives à l'unité ou à la multiplicité des origines de l'homme, car La Peyrère appuyait sur le dogme le polygénisme qu'il soutenait. C'était un fait utile à rappeler au point de vue historique. Mais nous avons bientôt quitté ce terrain pour revenir aux raisons scientifiques seules.

Nous aussi nous acceptons les centres multiples de création et nous avons donné une idée de ce qu'ils sont réellement. Les animaux, avec leurs aptitudes, leurs nécessités physiologiques diverses, n'ont pas pu être réunis sur le même point; le voisinage n'est pas possible entre les espèces tropicales et les espèces boréales, fut-ce durant un temps fort court. Donc il existe des centres de création.

Mais ces centres de création, nous les prenons tels que les ont reconnus les naturalistes que l'étude des animaux et des végétaux guidait seule dans ces recherches. Nous avons vu qu'ils avaient été amenés ainsi à poser les lois générales de la géographie des êtres vivants. Or la théorie d'Agassiz ne satisfait pas à ces lois. Pour lui, le centre de création est le produit d'une force locale imprimant un même cachet sur tous les êtres du lieu et sur l'homme lui-même; en un même lieu, toutes les faunes sont rattachées les unes aux autres par des traits communs et l'homme est rattaché lui-même à ces faunes diverses; or cette coïncidence n'existe pas même entre les animaux.

Les lois de la distribution géographique des êtres combattent la théorie d'Agassiz : ainsi elles ont appris qu'il existe pour chaque centre de création des types distincts qui le caractérisent, tels sont les marsupiaux qui distinguent la Nouvelle-Hollande de tout autre centre zoologique; elles ont encore appris qu'entre deux centres réellement distincts, il n'y a que peu ou point d'espèces ou même de genres communs, et cette loi est d'autant plus vraie que l'on remonte plus haut dans l'échelle de perfectionnement des êtres. Ceux-ci sont d'autant plus cantonnés qu'ils sont plus parfaits. Enfin ces lois nous ont appris qu'il n'y a pas une seule espèce animale ou végétale qui soit répandue dans le monde entier. Or l'homme est partout, excepté au pôle austral. Des peuplades d'Esquimaux, avons-nous dit, trouvent même sur la glace les conditions d'existence nécessaires, et ignorent absolument la terre. Rien n'est donc plus opposé au fait général de la localisation du reste des êtres vivants.

Nous avons encore trouvé d'autres contradictions dans le centre américain d'Agassiz; car tandis que les rapports les plus étroits relient les animaux de l'Amérique du Nord aux animaux de la partie septentrionale de l'autre continent, l'homme américain se rapproche par le Sud des peuples asiatiques, à l'inverse des faunes zoologiques.

Il serait maintenant fort intéressant de reprendre en détail les huit règnes établis par Agassiz. Leur examen donnerait lieu à de nombreuses observations. Mais cette étude serait trop longue, et nous devons nous borner à dire quelques mots seulement de chacun de ces règnes. L'un d'eux cependant nous arrêtera un peu plus longtemps.

Signalons d'abord quelques contradictions entre le tableau des huit règnes zoologiques tel que nous le trouvons dans les *Types of Mankind*, et la carte coloriée qui y est jointe. Dans la carte, le règne africain enferme le royaume hottentot, et dans le tableau, Agassiz fait des Hottentots un règne distinct, qu'il désigne, on ne sait pourquoi, par la dénomination de *faune*, abandonnant là son terme habituel. — Le règne malais embrasse l'Indoustan sur la carte, et non dans le tableau. Mais peut-être faut-il accuser l'éditeur seulement de ces contra-

(1) Voy. les nos 33, 35 et 37.

Digitized by Google

dictions, car il est possible que la carte n'ait pas passé sous les yeux d'Agassiz.

— Le *règne australien* comprend pour Agassiz la Nouvelle-Guinée; or dans la Nouvelle-Guinée, nous trouvons le nègre oriental dans toute sa pureté. L'Australien, au contraire, porte des traces de métissage et ressemble complétement à certains métis de l'Inde auxquels il se rattache à la fois par les caractères physiques et par la linguistique. Cependant c'est un des règnes auxquels on a le moins d'observations à faire, à part les critiques générales que nous avons présentées touchant la distribution des faunes diverses.

— Le *règne malais*.— On ne peut se faire une idée bien nette de l'homme qui le caractérise, car nous trouvons là tous les hommes, nègres et blancs, et des métis nombreux et différents faisant passage des uns aux autres. L'archipel malais renferme un véritable fouillis de races, se rattachant aux trois types humains fondamentaux. Quant au type malais proprement dit, il est récent. Nés depuis l'islamisme, les Malais doivent surtout leur distinction comme peuple à une supériorité politique et à leur caractère guerrier. Pour qui a étudié l'anthropologie de ces contrées, il est impossible d'y chercher un type humain fondamental.

— Le *règne hottentot*, désigné par Agassiz sous le nom de *faune hottentote*, présente, à part quelques métissages, une sorte d'homogénéité; mais dans cette même aire géographique se trouvent les Cafres, peuples bien éloignés du type hottentot et se rattachant à la fois aux Nègres et aux Sémites.

— Le *règne nègre* comprend l'Afrique et la moitié de l'Arabie, les nègres de l'Afrique centrale et les Abyssiniens qui se rapprochent de la race blanche, et de plus la moitié de la race arabe; or il est difficile de comprendre comment Agassiz a pu faire rentrer les Arabes dans son règne nègre. C'est un rapprochement contre lequel protestent tous les faits anthropologiques et linguistiques.

— Nous ne dirons rien du *règne américain* sur lequel nous nous sommes déjà arrêtés.

— Le *règne européen* restreint à l'Europe et au périple de la Méditérannée, est un de ceux qui, envisagé même dans ses détails, auraient le plus prêté à la confirmation des idées d'Agassiz. En effet la faune européenne est assez uniforme, le type humain n'y varie que dans d'étroites limites. On peut à la rigueur, lui rattacher les populations du nord de l'Afrique. Mais Agassiz le pousse jusqu'au cours de l'Indus ne pouvant en séparer les Persans. Forcé qu'il est alors par sa théorie d'englober ces peuples blancs dans son règne européen, il englobe en même temps et réunit les unes aux autres les faunes et les flores les plus diverses.

— Le *règne asiatique* présente bien, dans le massif central de l'Asie, des traits spéciaux et distinctifs; mais dans le pourtour de ce massif sont groupés les types les plus divers et les plus éloignés. Nous allons d'ailleurs y revenir dans un instant.

— Enfin le *règne arctique* comprend toute la région boréale de l'ancien et du nouveau continent. Les contrées que lui assigne Agassiz sont comprises entre le pôle au nord et la limite des forêts au midi. Certes s'il était une contrée qui dût se prêter aux idées d'Agassiz et favoriser sa théorie, c'était bien celle-ci, car, dans toute son étendue, les conditions d'existence, pour les faunes et les populations humaines sont identiques, dominées qu'elles sont par le *froid;* dans toute cette vaste région les étés sont courts, et les hivers sont uniformément longs et excessivement rigoureux. — Et, cependant, peut-on considérer ce règne arctique, où les conditions d'existence sont si semblables pour tous les êtres vivants, comme une véritable région zoologique? Nous allons voir que cela est impossible.

Agassiz donne l'Esquimau comme le groupe humain caractéristique de cette région et il lui rattache, comme *termes zoologiques correspondants*, l'ours blanc, le morse, le phoque, le renne et la baleine franche, un oiseau, l'eider. Or, parmi tous ces animaux, l'ours et le morse, comme espèce ou sous-genre, appartiennent seuls à ces contrées, et l'on peut les considérer comme caractéristiques de ces régions.

Mais le renne ne peut absolument pas leur être rapporté: au temps de César, il habitait les forêts de la Germanie; au temps de Pallas il descendait jusqu'au Caucase, arrivant ainsi à peu près à la hauteur de notre bassin sous-pyrénéen, et s'il n'y vient plus aujourd'hui, c'est qu'on a fait de larges éclaircies dans les forêts de l'Oural qui lui servaient de route; il habita la France elle-même, il est vrai que c'était peut-être sous d'autres conditions que les conditions actuelles; mais en tout cas, au XVIII^e siècle, il descendait encore jusqu'à la mer Caspienne. Le renne est donc un animal commun au règne européen et au règne arctique.

Le phoque appartient comme type à toute la terre, comme genre à l'Europe, comme espèce seulement aux régions polaires.

La baleine, comme type, se trouve dans toutes les mers; comme espèce si l'on ne la trouve plus aujourd'hui que dans les mers glaciales, ce n'est pas que ces régions lui offrent seules les conditions d'existence nécessaires à son organisation, c'est uniquement parce que, traquée de tous côtés, elle s'y est réfugiée comme dans un lieu plus sûr. Auparavant elle vivait dans la mer du Nord.

Quant à l'eider, il suffit de dire qu'il vient nicher en Danemarck à dix ou douze degrés en dessous de la limite que lui assigne Agassiz.

Donc de toutes les espèces zoologiques appelées par Agassiz au secours de ses théories, deux seulement sont propres aux régions polaires; toutes les autres sont communes à l'Europe entière, et si nous les trouvons cantonnées maintenant dans le Nord, il n'est pas moins certain qu'elles s'étendant au Sud. C'est à cette même conclusion qu'est arrivé, pour les insectes, Lacordaire, qui cependant prenait le cercle polaire pour limite de cette région et la restreignait ainsi. Pour lui, la faune arctique est caractérisée par la rareté des espèces qui ne sont d'ailleurs que des expansions de centres de création placés plus au sud, bien plus que par leur diversité caractéristique d'une région.

Donc le règne arctique ne nous présente pas ces faunes distinctes et nettement tranchées que nous ont offertes l'Afrique, l'Amérique du sud et la Nouvelle-Hollande. Agassiz a cependant choisi les espèces les plus propres à affermir sa doctrine; sa grande science autorise à croire que s'il n'a pas mieux réussi, c'est que la chose était impossible.

Agassiz rapporte aux espèces d'animaux que nous venons de passer en revue, l'Esquimau comme type humain caractéristique de la région arctique. Selon lui, l'homme soumis à la même influence locale d'un bout à l'autre de cette vaste région présente, dans toute son étendue, la même apparence typique. Cependant nous savons que les habitants du Groënland ont le crâne allongé; les habitants de la Laponie, au

Digitized by Google

contraire, sont brachycéphales. Ces deux populations, comprises dans le même règne arctique, nous présentent donc une différence capitale et l'opposition la plus grande tirée d'un des caractères différentiels des races humaines les plus importantes.

Il y a plus. Au Groënland, nous trouvons l'Esquimau; mais au détroit de Behring le type se modifie; nous rencontrons alors les Tchouktchis, qui forment, au centre même du règne arctique d'Agassiz, une fort belle race, très-grande de taille et se rapprochant des Peaux-Rouges. Au delà nous trouvons les Samoyèdes occupant de vastes contrées, et présentant en réalité quelques-uns des caractères assignés par Agassiz aux populations arctiques. Mais leurs traditions disent qu'ils sont venus du sud-est, et M. de Tchihatcheff a effectivement trouvé leur origine dans les Soyons. Ils ont, dans les pays qu'ils occupent aujourd'hui, succédé à un peuple de beaucoup supérieur à eux-mêmes, car il savait tailler le roc avec des outils de métal, et les Samoyèdes reconnaissent tellement cette supériorité, qu'ils attribuent à l'intervention d'esprits ou de divinités ces industries dont ils n'ont pas d'idée.

En résumé, il n'est pas possible de ne pas voir dans la théorie d'Agassiz l'effort le plus sérieux qui ait été fait en faveur du polygénisme; car il est bien évident qu'on ne peut établir de différence entre les *races primordiales* qu'il admet et de véritables espèces telles que nous les définissons. Cette théorie avait l'air de vouloir concilier les deux opinions extrêmes; mais en réalité elle ne fait que montrer la faiblesse du polygénisme, car elle mène fatalement son auteur et ses partisans à mettre l'homme en contradiction avec toutes les lois générales de la distribution des êtres vivants à la surface de la terre. Bien plus encore, l'étude détaillée de cette doctrine, loin de nous conduire à condamner notre opinion, mène à une conclusion tout à fait opposée. En montrant impossibles les centres multiples de création pour l'homme, elle nous force à reconnaître son cantonnement primitif. Et cette conclusion qui serait légitime, quand même l'humanité formerait un genre, l'est plus encore alors qu'il est démontré que ce n'est qu'une espèce.

L'étude du cantonnement primitif de l'espèce humaine est une étude parfois embarrassante pour le professeur qui l'aborde. Elle soulève beaucoup de ces problèmes auxquels on ne peut répondre que par ce « je ne sais pas », qui coûte toujours un peu à dire; cependant, nous n'hésiterons jamais, lorsque l'occasion se présentera, à confesser notre ignorance. Mais elle amène aussi d'autres questions auxquelles la science permet de répondre à peu près, sinon absolument, et ce sont ces questions-là que nous allons maintenant examiner.

Et d'abord où est ce lieu d'origine, ce centre de création dont l'homme fut l'espèce caractéristique?

La solution précise de ce problème n'est pas possible encore. Il se fait aujourd'hui d'importants travaux, qui éclaireront peut-être complétement un jour cette question. De plus, pour aborder dans ce cours la démonstration absolue de notre conclusion, il faudrait passer par tous les détails de l'étude des races, ce que nous ferons plus tard. C'est donc sous toutes ces réserves que nous commencerons la recherche de ce centre humain.—Mais il faut encore préciser le sens de la question. Lorsqu'on recherche l'origine d'une plante, on ne demande pas le lieu précis de sa naissance; la chose est complétement impossible, à part peut-être pour une espèce qui est née et qui vit confinée dans une île. Il ne faut pas demander plus pour l'homme, espèce universelle aujourd'hui. En nous posant cette question du centre humain primitif, nous nous contentons donc de probabilités et d'approximations.

Jetons les yeux sur une carte d'Asie. Nous y voyons un grand massif central cerné et limité par les plus hautes montagnes du monde; au sud, l'Himalaya; à l'ouest, les monts Indouwa et Bolor; au nord-ouest, les monts Alataü; au nord, l'Altaï et ses dérivés; à l'est, le King, le Kouhen-Loun. Toutes ces chaînes de montagnes forment une vaste enceinte des plus naturelles. Or, c'est probablement dans cette enceinte qu'est née l'espèce humaine. Et certes ce pays était admirablement disposé pour les futures émigrations des peuples, car de là sortent en s'irradiant de grands fleuves, ces chemins qui marchent. Les premières générations les ont rencontrés et les ont suivis. L'Ienisseï et la Léna qui portent leurs eaux vers la Sibérie; le fleuve Jaune qui coule vers la Chine; au sud le Gange, l'Indus, l'Oxus et le Iaxartes, et tant d'autres encore semblaient inviter les hommes à les suivre pour disséminer ensuite l'espèce humaine dans toutes les directions.

Mais d'autres considérations plus sérieuses indiquent l'Asie centrale comme point d'origine de l'homme. En effet, nous trouvons autour de ce massif les trois types principaux des diverses races humaines, le type blanc, le type nègre, le type jaune. La race nègre, d'après Ritter, se trouve au centre même du massif asiatique, mais on la trouve encore au sud du Japon dans toute sa pureté typique; elle se trouve mêlée aux populations chinoises; nous la voyons encore au sud-est, dans la presqu'île de Malaca. Enfin, au sud-ouest des groupes isolés de nègres, que nous trouvons jusqu'au golfe Persique, peuvent être considérés comme des petits témoins de l'ancienne origine de ces populations. Mais ces groupes sont peu considérables et séparés les uns des autres par de grandes distances, car dans cette partie sud-ouest du massif asiatique, la race nègre a été complétement balayée par les peuples plus civilisés qui se sont ensuite établis dans ces régions.

La race jaune occupe le centre et l'ouest du massif, et on la trouve plus ou moins mélangée presque tout à l'entour.

Quant à la race blanche, l'histoire nous apprend qu'elle a disputé l'empire aux Chinois, et nous trouvons une traînée d'hommes de cette race, traversant toute l'Asie jusqu'au détroit de Behring. Les castes élevées des Japonais sont blanches, bien qu'ils parlent une autre langue que les peuples arians ou sémites, et chacun a pu faire cette observation sur les derniers ambassadeurs qui vinrent à Paris. Les anciens barbares velus, ces ennemis des Chinois, étaient blancs. Tout le grand archipel malais où vivent des peuples nègres, renferment aussi des blancs et des jaunes, et c'est de leur mélange que sont sortis les populations malaises et polynésiennes. Au sud, les populations indoues sont blanches.

Nous trouvons donc autour de ce massif central les trois types de l'humanité réunis par des intermédiaires nombreux, dont nous ne parlons pas, mais qui indiquent la fusion des races entre elles.

Ces faits autorisent déjà à conclure; mais des preuves d'une autre nature confirment ces conclusions. Si nous interrogeons les traditions des peuples, toutes attestent une origine asiatique, et pour les peuples de l'Asie eux-mêmes, une origine centrale; c'est ainsi que les Samoyèdes savent au delà du

Digitized by Google

pôle qu'ils viennent du sud-est. La Chine nous montre ses initiateurs suivant le fleuve Jaune pour lui apporter, deux mille ans avant l'ère chrétienne, la civilisation qu'elle a ainsi puisée dans ce massif central. Les Indous sont venus aussi de l'Asie centrale. Dans le Bolor, nous retrouvons les frères des Arians, sauvages encore comme eux-mêmes à l'origine. Quant à la dernière grande immigration qui a peuplé l'Europe, elle est presque historique, et l'on sait qu'elle venait d'Asie.

La géologie, aidée de la paléontologie, parvient à établir, en même temps que la succession des terrains, la succession des êtres qui les ont peuplés et y ont laissé leurs débris. L'homme en se dispersant par le monde, a aussi laissé des traces de son intélligence, que nous recueillons comme des indices certains quand nous cherchons à établir le lieu de son origine. Ces indices, que nous devons recueillir, sont les langues, qui ont aussi leur paléontologie; qui, en se succédant les unes aux autres, ne se relient pas moins par des caractères communs, que la linguistique comparée a étudiés et classés. Ces caractères communs des langues ont permis de les grouper dans trois grandes divisions fondamentales : les *langues monosyllabiques*, comme le chinois; les *langues agglutinatives*; les *langues à flexion*, auxquelles se rattachent tous nos langages européens. Toutes les langues du monde rentrent dans ces trois grandes sections, comme les différents groupes humains peuvent se rapporter aux trois types principaux.

Or, autour du massif central asiatique, sont groupés ces trois types de langues, dont la répartition n'est pas toujours en harmonie, d'ailleurs, avec chacun des types des populations. Les langues monosyllabiques se parlent à l'est et au sud-est du massif, parmi les populations chinoises, siamoises, thibétaines, etc. Les langues agglutinatives sont répandues dans le Japon, le Caucase et la région boréale en général. Les langues à flexion occupent l'ouest et le sud du massif.

Donc, de même que nous avons là trouvé des échantillons des trois types humains, de même nous y trouvons les trois langues distinctives réunies par des passages nombreux.

Enfin, les origines de nos animaux domestiques, démontrent l'origine de l'homme. Is. Geoffroy Saint-Hilaire, qui a beaucoup étudié cette question, a établi deux grandes classes parmi les animaux domestiques; les uns ont été domestiqués depuis les temps historiques; les autres, comme le chien, la chèvre, le dromadaire, le cheval, l'âne, le cochon, le bœuf, etc. ont été domestiqués avant l'époque historique. Or, tous ces derniers sont originaires d'Asie, et ceci constitue une preuve considérable en faveur de la localisation dans cette contrée du centre de création de l'espèce humaine.

En résumé, nous ne pouvons pas, dans l'état actuel de nos connaissances, affirmer que l'homme a pris naissance en un point précis, mais nous pouvons établir, et c'est à cela que tendent les travaux modernes, qu'il est extrêmement probable que l'homme a pris naissance dans ce massif asiatique, d'où il a en quelque sorte coulé par les fleuves pour se répandre par toute la terre.

L'unité de l'espèce démontrée nous a amené à établir le cantonnement primitif de l'homme; le cantonnement primitif va nous amener à étudier les émigrations et l'acclimatation. Mais auparavant nous devons voir s'il est possible de déterminer l'époque de l'apparition de l'humanité sur la terre, et cette recherche, qui soulève les plus intéressantes questions, fera le sujet de nos prochaines leçons. — L. Hallez.

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### XIII, XIV.

**Chaleur de formation des composés organiques.**

3° Les réactions ordinairement employées dans la production du gaz des marais répondent également à un dégagement de chaleur. Soit, pour commencer par la réaction la plus simple, le dédoublement de l'acide acétique, à la température rouge.

$$C^4H^4O^4 = C^2H^4 + C^2O^4.$$

A première vue, il semble que ce dédoublement réponde à un phénomène calorifique nul, la chaleur de combustion de l'acide acétique étant sensiblement la même que celle du gaz des marais. Mais il n'en est ainsi que parce qu'on compare les deux corps à la température ordinaire. Si l'on envisage l'acide acétique gazeux, ce qui est la condition de l'expérience, il en est autrement. En effet, diverses quantités nouvelles interviennent alors, pour former le terme additionnel U—V : parmi ces quantités la principale est la chaleur de vaporisation de l'acide acétique. Cette chaleur doit être voisine de 8000 calories, pour 4 volumes de vapeur $= C^4H^4O^4 =$ 60 grammes. Elle représente sensiblement la chaleur dégagée lors de la décomposition de l'acide acétique en gaz des marais et acide carbonique.

4° En général, c'est en chauffant l'acétate de soude avec un hydrate alcalin que l'on prépare le gaz des marais :

$$C^4H^3NaO^4 + NaOHO = C^2H^4 + (C^2O^4, Na^2O^2).$$

Cette réaction répond également à un dégagement de chaleur. On le prouve en considérant le système initial

$$C^4H^4O^4 + 2(NaO, HO) + O^8.$$

et le système final

$$2(CO^2, NaO) + C^2O^4 + 3H^2O^2.$$

*Première route :*

| | |
|---|---|
| $C^4H^4O^4 + O^8 = 2C^2O^4 + 2H^2O^2$ ..... | + 210 000 cal. |
| $2(CO^2 + NaO, HO) = 2(CO^2, NaO + HO)$ en dissolution | + 26 000 |
| Séparation du sel de sa dissolution ..... | + 5 500 |
| | 241 500 cal. |

*Deuxième route :*

| | |
|---|---|
| $C^4H^4O^4 + (NaO, HO) = C^4H^3NaO^4 + H^2O^2$ (2) ..... | 13 500 |
| $C^4H^3NaO^4 + (NaO, HO) = C^2H^4 + 2(CO^2, NaO)$ ..... | $x$ |
| $C^2H^4 + O^8 = C^2O^4 + 2H^2O^2$ ..... | 210 000 |
| | $223\,500 + x$ |

(1) Voyez les nos 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35 et 37; et pour le cours du premier semestre, les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

(2) Nous admettrons, pour simplifier, que la fusion de l'acétate de soude absorbe à peu près la même quantité de chaleur que sa dissolution. Dès lors le nombre trouvé pour la formation du sel dissout devient applicable au sel anhydre fondu. C'est d'ailleurs sur le sel fondu que la décomposition a lieu. L'erreur qui peut résulter de cette hypothèse est négligeable, eu égard aux grandeurs calculées.

Digitized by Google

D'où

$$x = 18\,000 \text{ calories},$$

chaleur dégagée dans la décomposition de l'acétate de soude par la chaleur. On aurait pu prévoir le sens de ce résultat, en remarquant que la décomposition donne naissance à deux équivalents d'un sel neutre formés avec un seul équivalent d'un autre sel neutre, c'est-à-dire qu'elle repose sur la saturation d'un équivalent de soude précédemment libre.

5° Discutons de la même manière la transformation de l'acétone en gaz des marais :

$$C^6H^6O^2 + 2(NaO,HO) = 2C^2H^4 + 2(CO^2,NaO).$$

Nous prendrons pour système initial :

$$C^6H^6O^2 + 2(NaO,HO) + O^{16},$$

et pour système final :

$$2C^2O^4 + 2(CO^2,NaO) + 4H^2O^2.$$

*Première route :*

$$C^6H^6O^2 + O^{16} = 3C^2O^4 + 3C^2O^4 + 3H^2O^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 424\,000 \text{ c.}$$
$$2CO^2 + 2(NaO,HO) = 2(CO^2,NaO) + H^2O^2 \text{ (1) } 26\,000 + 5500 = 31\,500$$
$$455\,500 \text{ c.}$$

*Deuxième route :*

$$C^6H^{16}O^2 + 2(NaO,HO) = 2C^2H^4 + 2(CO^2,NaO) \ldots \quad x$$
$$2C^2H^4 + O^{16} = 2C^2O^4 + 4H^2O^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 420\,000$$
$$420\,000 + x.$$

$$420\,000 + x = 455\,500; \quad x = 35\,500.$$

Donc la chaleur dégagée dans la formation du gaz des marais, au moyen de l'acétone et de l'hydrate de soude, est égale à 35 500 calories, pour $2C^2H^4$, ou à 18 000 environ pour $C^2H^4$. C'est la même quantité que ci-dessus.

On pourra conclure de ce dernier rapprochement que la transformation de l'acétate de soude en acétone et carbonate de soude :

$$2C^4H^3 - NaO^4 = C^6H^6O^2 + 2(CO^2,NaO)$$

répond à un phénomène calorifique nul ou négligeable.

6° Signalons encore la décomposition du gaz oléfiant en gaz des marais et carbone par la chaleur :

$$C^4H^4 = C^2H^4 + C^2.$$

La combustion du premier système répond à 334 000 calories, celle du second à 304 000.

D'où il suit que cette réaction, comme la précédente, est accompagnée par un dégagement de chaleur.

7° Il en serait autrement si l'on voulait former du gaz des marais avec les éléments de l'eau et de l'acide carbonique, directement :

$$C^2O^4 + 2H^2O^2 = C^2H^4 + O^8.$$

Ici il y a une absorption de chaleur égale à 210 000 calories, c'est-à-dire un travail négatif.

Ces exemples montrent comment on peut calculer les quantités de chaleur dégagées ou absorbées dans les réactions des composés organiques.

Arrivons aux carbures d'hydrogène qui renferment équivalents égaux de carbone et d'hydrogène :

$$C^{2n}H^{2n}.$$

(1) Carbonate solide.

Il n'y a qu'un petit nombre d'observations, mais elles suffisent déjà pour donner lieu à des remarques intéressantes.

Soit le gaz oléfiant $C^4H^4$, on a

$$C^4 + H^4 + O^{12} = 2C^2O^4 + 2H^2O^2 \text{ dégageant } 326\,000$$
$$C^4H^4 + O^{12} = 2C^2O^4 + 2H^2O^2 \quad \text{»} \quad 334\,000$$

Il y aurait donc eu une absorption de 8000 calories lors de la formation de $C^4H^4$. Mais si l'on considère que le composé possède l'état gazeux, et si l'on observe que cette différence n'est relativement pas très-considérable, on pourra dire que cette absorption, en dehors des conditions physiques, se réduit à peu de chose. Quoi qu'il en soit, c'est ici le contraire de ce qui a lieu pour le gaz des marais.

Pour mieux éclaircir ces notions, supposons que la formation du gaz oléfiant ait lieu à —100 degrés : quelle est la chaleur qui répondra à la formation du gaz ?

A cette température, $C^4H^4$ est liquide; en admettant que sa chaleur de vaporisation soit égale à 8000 calories, on trouve que la chaleur dégagée à — 80 degrés doit être sensiblement nulle, dans les limites d'erreur des expériences.

A 200 degrés, au contraire, d'après la chaleur spécifique de ce gaz, l'absorption serait de 7000 calories. A 800 degrés (par hypothèse), l'absorption serait de 4000 calories seulement.

Ainsi, à mesure que la température augmente, la chaleur absorbée dans la formation de ce corps diminue.

Amylène : $C^{10}H^{10}$. — Aucune détermination de ce genre n'a été faite sur le propylène et le butylène; mais on connaît quelques nombres relatifs à l'amylène :

$$C^{10} + H^{10} \text{ dégage} \ldots\ldots \; 815\,000 \text{ calories.}$$
$$C^{10}H^{10} \quad \text{»} \quad \ldots\ldots \; 804\,000 \quad \text{»}$$

Ainsi, lors de la formation de l'amylène, il y a un dégagement de chaleur égal à 11 000 calories, quantité en réalité peu considérable, eu égard à la grandeur des chaleurs de combustion comparées. On peut se proposer de ramener ce carbure à l'état gazeux, ce qui rend les nombres comparables à ceux du gaz oléfiant. En admettant que ce changement d'état réponde à une absorption de 8000 calories, la chaleur de formation de l'amylène à l'état gazeux se réduit à 3000 calories, quantité tout à fait négligeable.

Pour l'éthalène, on a

$$\left.\begin{array}{l} C^{32} + H^{32}, \text{ dégagement : } 2\,608\,000 \text{ calories} \\ C^{32}H^{32} \quad \text{»} \quad 2\,490\,000 \quad \text{»} \end{array}\right\} \text{diff. } 118\,000.$$

Ainsi, à mesure que l'équivalent augmente, la quantité de chaleur dégagée pour former les carbures éthyléniques avec les éléments augmente; et pour les termes inférieurs, il paraît y avoir absorption de chaleur.

Rapprochons maintenant les divers nombres que nous venons d'indiquer :

$C^4H^4$ dégage en brûlant 334 000 cal.

$$C^{10}H^{10} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad 804\,000 \left\{ \text{diff. pour } C^2H^2 \frac{470\,000}{3} = 156\,000 \right.$$

$$C^{32}H^{32} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad 2\,490\,000 \left\{ \text{diff. pour } C^2H^2 \frac{1\,686\,000}{11} = 153\,000 \right.$$

Digitized by Google

On voit d'après cela que, quand un hydrocarbure augmente de $C^2H^2$, sa chaleur de combustion augmente de 155 000 calories en moyenne; c'est là, du reste, une moyenne qui paraît s'appliquer approximativement à tous les corps homologues : alcools, acides, éthers, etc.

Ce nombre 155 000, comparé à la chaleur de combustion des éléments, $C^2+H^2$, 163 000, prouve que l'addition de ces éléments $C^2+H^2$ à un corps donné entraîne un dégagement de chaleur égale à 8000 calories en moyenne. C'est la chaleur de formation des homologues : elle représente le vingtième de la chaleur de combustion des éléments.

Ces nombres ont trait à la température de 0 degré; mais si l'on voulait être plus exact, il faudrait considérer les corps sous le même état gazeux et à 200 degrés, on aurait alors, à 200 degrés :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Le carbone dégagé..... | ... | 93 700 | calories. |
| $H^2$ » ..... | | 59 000 | » |
| $C^4H^4$..... | 334 000 — 2 × 1030 = | 312 400 | » |
| $C^{10}H^{10}$ .... . | 804 000 — (6 × 1030) = | 798 000 | » |
| $C^{32}H^{32}$ (liquide) | 2 490 000 — (16 × 1032) = | 2 474 000 | » |

Ainsi, à mesure que l'équivalent s'élève de $C^2H^2$, il y a une augmentation égale seulement à 145 000 calories les réactions étant comparées à 200 degrés.

Ces données permettent de calculer approximativement la chaleur de combustion d'une série de corps homologues, dès que l'on connaît la valeur de celle d'un des termes de la série.

Par exemple, pour avoir la chaleur de combustion de l'acide caproïque, il suffit d'ajouter à celle de l'acide valérique 155 000 calories. Même remarque pour les alcools, les aldéhydes, etc.

Ces notions conduisent à des résultats très-curieux, par exemple à prévoir que la formation du méthylène sera sinon impossible, du moins très-difficile, ce corps exigeant probablement pour se former une absorption de chaleur considérable.

En effet la combustion de

$C^4H^4$ dégage.... ..... 334 000 calories,

donc celle de

$C^2H^2$ devrait dégager.... 334 000 — 155 000 = 179 000 calories.

Or,

$C^2+H^2$ dégage..... 163 000 calories seulement.

La formation du méthylène répondrait donc à une absorption de 16 000 calories.

On arrive à un résultat analogue en dérivant le méthylène de l'alcool méthylique. En effet, la formation du gaz oléfiant, au moyen de l'alcool ordinaire, entraîne une absorption de 13 000 calories; admettant ce chiffre pour la formation du méthylène et l'ajoutant à la chaleur de combustion de l'alcool méthylique (170 000), on trouve par cette voie 183 000 pour la chaleur de combustion du méthylène. Ce serait donc un corps comparable au chlorure d'azote, au cyanogène, à l'acide formique; c'est-à-dire donnant lieu à un dégagement de chaleur lors de sa décomposition. Telle est, sans doute, la raison pour laquelle le méthylène n'a pas encore été préparé. Elle n'exclut pas son existence, mais elle montre que sa formation doit être plus difficile que celle des carbures homologues.

*Polymérie.* — Des observations intéressantes peuvent être faites sur les polymères de l'amylène :

$$C^{10}H^{10} - C^{20}H^{20} - C^{40}H^{40}.$$

La combustion du premier dégage 804 000; celle du deuxième, 1 582 000; celle du troisième, 3 060 000 calories.

Or, deux molécules d'amylène dégageant 1 608 000 calories, et 4 molécules 3 216 000, il en résulte que dans la formation du diamylène il y a dégagement de chaleur, soit 26 000 calories; et dans celle du tétramylène 156 000 calories.

Ces faits s'accordent avec ceux que révèle l'expérience, car il y a, comme on le sait, un vif dégagement de chaleur dans les réactions qui déterminent les transformations polymériques. Ces résultats s'appliquent également à la transformation de l'essence de térébenthine $C^{20}H^{16}$ en détérébenthène, $C^{40}H^{32}$.

Mais, chose singulière, la chaleur spécifique de ces polymères reste la même que celle du générateur. C'est ainsi que pour le diamylène et le triamylène, elle est égale à 0,49. Semblablement, si l'on calcule, à l'aide des chaleurs spécifiques des alcools homologues :

$$C^4H^6O^2,$$
$$C^{10}H^{11}O^2,$$
$$C^{32}H^{34}O^2,$$

celles des carbures qu'on peut y supposer, à une même température, on trouve à peu près la même chaleur spécifique.

Voici un fait encore plus décisif. L'essence de térébenthine $C^{20}H^{16}$ et le pétrolène $C^{40}H^{32}$, étudiés par M. Regnault, ont de 0 à 100 degrés sensiblement les mêmes chaleurs spécifiques.

Ces résultats ont une signification d'une haute importance. En effet, on a souvent fait intervenir les chaleurs spécifiques pour déterminer les équivalents des corps; or ici, les équivalents sont multiples les uns des autres, et les chaleurs spécifiques sont les mêmes. On ne peut donc pas toujours baser la détermination des poids atomiques sur celle des chaleurs spécifiques. Ceci doit être rapproché de ce que nous avons dit ailleurs sur la chaleur spécifique du carbone.

*Isomérie proprement dite dans les carbures.* — On a déterminé les chaleurs de combustion des trois corps isomères suivants :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{20}H^{16}$..... | essence de citron..... | 1 490 000 |
| | » de térébenthine | 1 475 000 |
| | » de térébène... | 1 450 000 |

Ces nombres diffèrent peu de la chaleur de combustion des éléments : 1 492 000.

Or, l'essence de térébenthine peut être changée en térébène par l'acide sulfurique; il y a perte de pouvoir rotatoire, avec un dégagement de 25 000 calories. Il semble

Digitized by Google

donc que la perte de cette propriété optique soit accompagnée d'un dégagement de chaleur.

Il faut remarquer, à cet effet, que le dégagement de chaleur que l'on observe sous l'influence de l'acide dans cette expérience ne prouve rien quant à la question qui nous occupe, car il y a en même temps formation de polymères qui dégagent de la chaleur, comme on l'a vu.

Quoiqu'il en soit, il s'effectue là sans doute un travail moléculaire intérieur qui change les positions respectives des molécules les unes par rapport aux autres, d'où la destruction du pouvoir rotatoire.

Tels sont les divers faits relatifs à l'isomérie. Avant de quitter ce qui a trait aux hydrogènes carbonés, revenons un instant sur les carbures éthyléniques et forméniques. Ces derniers peuvent être considérés comme une combinaison des premiers avec l'hydrogène :

$$C^4H^4 + H^2 = C^4H^6.$$

Or la chaleur de combustion $C^4H^4 + H^2$ répond à

$$C^4H^4 + H^2 + O^{14} = 334\,000 + 69\,000 = 403\,000 \text{ calories.}$$
$$C^4H^6 + O^{14} \text{ répond à } 210\,000 + 155\,000 = 365\,000 \quad »$$
$$\text{différence.... ... } 38\,000 \text{ calories.}$$

Tel est le chiffre qui répond à la combinaison du carbure avec l'hydrogène.

En thèse générale, lors de la saturation d'un carbure éthylénique, il y a dégagement de chaleur. C'est, du reste, ce que l'expérience confirme directement, car ce dégagement de chaleur s'observe lors de la combinaison de l'éthylène avec le chlore, le brome; lors de la combinaison de l'amylène avec l'acide chlorhydrique, etc.

De même, quand ces carbures se combinent à l'oxygène, il y a un dégagement de chaleur considérable :

$$(C^4H^4 + O^4) \text{ donne } 334\,000 - 209\,000 = 125\,000 \text{ calories.}$$

Enfin, lors de la combinaison des carbures éthyléniques avec les éléments de l'eau, pour former les alcools, il y a encore dégagement de chaleur; en un mot, ces carbures, agissent comme des groupements inséparables et ils se comportent dans les réactions à la manière des corps simples eux-mêmes.

Au contraire, les carbures forméniques sont saturés, comparables à des combinaisons, qui ne peuvent éprouver que des décompositions opérées avec absorption de chaleur.

Appliquons ces principes à quelques réactions. Soit la réaction qui transforme l'éthylène en hydrure d'éthylène. Il suffit de chauffer à 275 degrés l'iodure d'éthylène avec l'eau dans un tube :

$$7C^4H^4I^2 + 4H^2O^2 = 6C^4H^6 + 2C^2O^4 + 7I^2.$$

En négligeant la chaleur dégagée dans la combinaison de l'iode avec l'éthylène, ou pour mieux dire, en la réduisant à la chaleur de liquéfaction de l'éthylène (8000 calories par hypothèse), on trouve :

Chaleur de combustion du premier système : $(334\,000 - 8000) \times 7$, c'est-à-dire 2 282 000 calories;
Chaleur de combustion du deuxième système..... $365\,000 \times 6$, c'est-à-dire 2 190 000.

Dans cette réaction, il y a donc dégagement de chaleur, et tout s'explique par le seul jeu des affinités.

Les carbures appartenant aux autres séries n'ont pas été étudiés suffisamment pour permettre de calculer leur chaleur de formation. Cependant, je crois utile de signaler ici quelques indications sur ce point.

On a vu que la transformation du carbure $C^4H^6$ dans le carbure $C^4H^4$ :

$$C^4H^6 = C^4H^4 + H^2$$

répond à une *absorption* de chaleur de 38 000 calories. Appliquons la même relation à la transformation analogue de l'éthylène $C^4H^4$ en acétylène $C^4H^2$

$$C^4H^4 = C^4H^2 + H^2.$$

$C^4H^4$ répond à..... 334 000
En y ajoutant..... 38 000
on a..... ..... 372 000

qui serait, par hypothèse, la chaleur de combustion du système $C^4H^2 + H^2$. D'où résulte pour $C^4H^2$ 303 000.

$C^4 = 188$
$H^2 = 69$
$257$

Donc la formation de l'acétylène avec les éléments répondrait, d'après ces hypothèses, à une *absorption* de chaleur égale à 46 000 calories. Sans insister sur ce chiffre, nous croyons ce rapprochement intéressant, surtout si l'on remarque que l'acétylène présente le caractère d'un corps incomplet ou radical, à un degré plus élevé encore que le gaz oléfiant.

On arrive aux mêmes résultats analogues en s'appuyant sur les relations des corps homologues. En effet, le carbone $C^{20}H^{16}$ pris sous son état le plus stable, c'est-à-dire à l'état de térébène, possède une chaleur de combustion inférieure de 42 000 calories à celle de ses éléments. Or chaque soustraction de $C^2H^2$ répond à une diminution de 155 000 calories dans la chaleur de combustion, au lieu de 163 000, chiffre donné par $C^2 + H^2$. Donc chaque soustraction de $C^2H^2$ diminue de 8000 calories environ l'intervalle entre la chaleur de combustion d'un carbure et celle des éléments. En descendant de 5 homologues, c'est-à-dire vers le carbone $C^{10}H^6$, on trouvera donc un carbure dont la chaleur de combustion sera à peu près égale aux éléments. Au-dessous de ce terme, la chaleur de combustion devient supérieure à celle des éléments : c'est-à-dire que la formation des carbures inférieurs, s'ils existent, répondrait à une absorption de chaleur de plus en plus considérable.

Cet excès dans la chaleur de combustion des carbures peu hydrogénés se retrouve jusqu'à un certain point dans le charbon lui-même et peut expliquer pourquoi le charbon possède une chaleur de combustion plus grande que celle du carbone pur ou diamant : c'est parce qu'il retient encore quelque chose de la structure des composés organiques formés avec absorption de chaleur (sucre, amidon, carbures) dont ce charbon dérive.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

Digitized by Google

## COLLÉGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### XXXVI.

**Y a-t-il des nerfs trophiques? — Théorie des sécrétions.**

Nous allons examiner aujourd'hui une autre question, relative aux fonctions du système nerveux comme celles que nous avons examinées précédemment, et toujours à l'aide du curare puisque c'est le moyen d'investigation physiologique qui nous sert en ce moment.

Nous avons déjà distingué par le curare les deux ordres de nerfs, nerfs moteurs et nerfs sensitifs.

Quand on irrite les nerfs sensitifs, ceux-ci réagissent à leur tour sur les nerfs moteurs et l'action peut se traduire à l'extérieur par un mouvement appelé *réflexe*, s'il se fait sans participation de la volonté. Dans ce cas il est certain que le phénomène se produit toujours de la même façon, par action d'un nerf sensitif sur un nerf moteur. Mais la manifestation extérieure peut être une expression évidemment mécanique, tels sont les mouvements d'un membre, les contractions du larynx pour produire la voix ou les cris. Dans d'autres cas, le système nerveux peut réagir d'une autre façon sous l'influence des nerfs sensitifs ou d'autres excitants, et son action se manifeste alors à l'extérieur, non plus par des phénomènes mécaniques, mais par des phénomènes chimiques. Il y a, par exemple, des nerfs qui président à la sécrétion, d'autres qui font produire dans le sang du sucre, de l'acide carbonique, etc. On a voulu distinguer les nerfs moteurs qui président à ces actions chimiques, et, dans ces derniers temps, on leur a particulièrement donné le nom de *nerfs trophiques*. La question que nous voulons examiner est celle de savoir si nous devons distinguer des nerfs *trophiques* formant une classe particulière et possédant des propriétés différentes de celles des autres nerfs moteurs, ou bien si nous devons simplement considérer ces nerfs comme des nerfs moteurs jouissant des mêmes propriétés que les nerfs moteurs ordinaires, mais remplissant des fonctions spéciales par suite de leurs connexions physiologiques avec des tissus doués de propriétés spéciales.

Quelques physiologistes pensent encore aujourd'hui, — sans pouvoir du reste donner aucun argument bien précis à l'appui de leur opinion, — que certains nerfs, sinon tous, peuvent agir chimiquement et modifier alors d'une manière directe les phénomènes chimiques de l'organisme. L'électricité, par exemple, en traversant les tissus vivants, ne produit pas seulement des phénomènes mécaniques en excitant les fibres musculaires; mais elle produit encore des phénomènes chimiques électrolytiques plus ou moins énergiques. On supposerait que les nerfs pourraient agir à peu près de la même manière.

Quant à nous, notre opinion est arrêtée depuis longtemps déjà; nous n'avons encore trouvé aucune raison de croire aux nerfs trophiques. Nous pensons qu'il n'y a que deux espèces de nerfs jouissant de propriétés distinctes; des nerfs moteurs et des nerfs sensitifs, et nous allons chercher dans les phénomènes qui se produisent sous l'influence du curare un argument à l'appui de cette manière de voir. C'est en procédant ainsi qu'on peut arriver à des résultats qui entraînent l'adhésion et tranchent les questions controversées. Il est évident qu'une opinion qu'on doit démontrer par expérience n'est encore qu'une hypothèse; et elle reste hypothèse jusqu'à ce que l'expérience en prouve la réalité.

Dans la dernière leçon, nous avons parlé des nerfs vaso-moteurs et nous avons vu que c'étaient tout simplement des nerfs moteurs des vaisseaux, donnant lieu, par suite de leur situation particulière dans l'organisme à des phénomènes spéciaux; il s'agit de voir s'il n'en est pas de même pour les nerfs sécréteurs et les autres nerfs chimiques ou nutritifs que l'on confond tous sous le nom de nerfs trophiques. Toute la question se réduit à cela.

Nous avons établi d'une manière incontestable que le curare détruisait les propriétés des nerfs moteurs, en respectant celles des nerfs sensitifs. Eh bien, cet agent toxique agit sur les nerfs sécréteurs absolument comme sur les nerfs moteurs des membres; il détruit également leurs propriétés vitales, et pour les uns de même que pour les autres cette action ne se produit que lorsque la substance toxique touche l'extrémité périphérique du nerf.

Voici un chien sur lequel vous pourrez vous rendre compte de tous ces faits. Nous lui donnons du curare, mais à dose assez faible pour ralentir les phénomènes toxiques et les rendre par cela même plus facilement observables. Vous savez qu'il y a deux classes de sécrétions : les premières sont continues comme celles de l'urine, c'est-à-dire qu'elles se produisent sans interruption, bien qu'elles puissent cependant éprouver une accélération ou un ralentissement plus ou moins notable par suite de diverses circonstances; les secondes sont discontinues, c'est-à-dire qu'elles se produisent tout à coup avec une grande intensité à certains moments, tandis qu'elles sont nulles dans d'autres : telles sont, par exemple, la sécrétion de la salive, celle du suc gastrique, etc.

Sous l'influence du curare les sécrétions continues s'activent d'une manière notable et les sécrétions discontinues deviennent continues. Pourquoi et comment ce phénomène se produit-il il? C'est ce que nous devons examiner.

Les sécrétions se font sous l'influence du système nerveux, ou plutôt de l'absence du système nerveux, s'il

(1) Voy. les nos 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31 et 32.

Digitized by Google

est permis de s'exprimer ainsi. Nous sommes en effet si peu avancés dans la connaissance des propriétés du système nerveux que nous ignorons complétement son action intime, et que nous sommes forcés de considérer comme une paralysie un phénomène de suractivité organique considérable.

Voici les expériences qui nous ont conduit à considérer les sécrétions comme un résultat de la paralysie des nerfs sécréteurs. Ces expériences ont été faites sur les glandes salivaires du chien, et particulièrement sur la glande sous-maxillaire qui est la mieux placée pour rendre l'opération et l'observation plus faciles.

La glande sous-maxillaire forme une masse glandulaire où le sang arrive par un rameau artériel issu de l'artère carotide externe, et d'où il sort par un rameau veineux qui aboutit à la veine jugulaire externe. Cette glande reçoit des filets nerveux du ganglion cervical supérieur du système grand sympathique, et, en outre, un rameau de la corde du tympan, nerf moteur qui est en rapport avec le nerf lingual qui lui est un des rameaux sensitifs de la branche sous-maxillaire de la cinquième paire. C'est la corde du tympan qui joue le rôle de nerf sécréteur, et près de sa connexion avec le nerf lingual se trouve un petit ganglion du grand sympathique, appelé ganglion sous-maxillaire, qui exerce une influence particulière sur la sécrétion salivaire comme nous le verrons tout à l'heure. Enfin la glande sous-maxillaire possède un conduit excréteur qui amène dans la bouche la salive produite. Nous venons de dire que la corde du tympan était le nerf sécréteur. Eh bien ce nerf nous paraît être en activité lorsque la glande ne sécrète pas, tandis que son action paraît être suspendue lorsque la sécrétion a lieu.

Voilà l'interprétation ou la théorie; voici maintenant les faits sur lesquels elle est fondée (1).

Nous avons surtout observé un fait très-curieux, et qu'il nous semble impossible d'expliquer autrement que nous le faisons. Si l'on coupe la corde du tympan, la glande sous-maxillaire se met bientôt à sécréter d'une manière continue pendant un certain temps, ordinairement au bout de trois à quatre jours, lorsque la corde du tympan a été altérée et détruite. La sécrétion ne s'arrête plus alors et la glande est extrêmement amaigrie par suite de la suractivité fonctionnelle qu'elle a subie. Mais en abandonnant les choses à elles-mêmes pendant un temps assez long, on voit tous les phénomènes reprendre leur physionomie ordinaire; la glande sous-maxillaire se réforme et sécrète de nouveau d'une manière intermittente comme avant l'expérience; enfin, on constate alors qu'à ce moment la corde du tympan s'est également régénérée.

Ces expériences nous montrent que les nerfs agissent par toute leur étendue, et non pas seulement par leur centre, car l'action de la corde du tympan sur la glande sous-maxillaire persiste pendant un certain temps après la section, et la sécrétion ne devient pas immédiatement continue. Si l'on avait fait la section plus haut, sur le lingual, par exemple, ce temps aurait été plus long encore et la sécrétion aurait commencé plus tard à devenir continue.

Vous savez que lorsqu'une glande est en sécrétion, le sang veineux en sort presque aussi rouge qu'il y était entré à l'état de sang artériel, tandis qu'il présente une couleur très-noire quand la glande ne fonctionne pas. Ce sont des phénomènes faciles à distinguer et qui tiennent aux variations d'intensité de ce qu'on pourrait appeler la respiration glandulaire.

Le curare produit sur la glande sous-maxillaire le même effet que la paralysie complète du nerf sécréteur de la glande, c'est-à-dire de la corde du tympan. Il s'agit donc de prouver expérimentalement que la corde du tympan est bien un nerf moteur empoisonné par le curare, comme tous les autres nerfs moteurs. Cela n'est point très-difficile.

Nous avons d'abord un caractère pratique fort commode pour reconnaître les nerfs moteurs; c'est que, lorsque ces nerfs sont coupés, l'irritation du bout périphérique produit un mouvement, tandis que l'irritation du bout central ne produit rien du tout. D'un autre côté, nous savons que le curare ne peut atteindre les nerfs moteurs que par l'intermédiaire du sang et en touchant leur extrémité périphérique : il en est de même du nerf sécréteur de la glande sous-maxillaire, c'est-à-dire de la corde du tympan, comme nous l'avons prouvé en soumettant cette glande à un empoisonnement local par le curare qui ne pouvait dès lors atteindre qu'un nerf moteur se terminant dans cette glande. Pour arriver à ce résultat, nous avons introduit dans la branche de l'artère carotide externe desservant la glande sous-maxillaire l'extrémité d'une seringue d'argent extrêmement fine, qui nous a permis de diriger vers cette glande une petite injection de curare contenant une dose toxique suffisamment faible pour n'avoir qu'un effet local. La glande s'est mise alors à sécréter, et l'irritation galvanique de la corde du tympan n'activait pas cette sécrétion comme elle l'aurait fait à l'état normal, ce qui prouve bien que ce nerf était paralysé par le curare. Mais au bout de quelques minutes les effets toxiques du curare disparaissent, parce que le bout de la corde du tympan est lavée par du sang normal, et alors la sécrétion cesse et la corde du tympan a recouvré ses propriétés ordinaires.

Les nerfs sécréteurs des glandes ne sont donc pas des nerfs trophiques, au sens que l'on donne à ce mot, c'est-à-dire des nerfs ayant une nature et une action particulière : ce sont tout simplement des nerfs moteurs, et la sécrétion est due à une paralysie de ces nerfs moteurs. La seule chose qui reste encore étonnante dans tout ceci,

(1) Voir le cours de *Physiologie générale* professé par M. Claude Bernard à la Faculté des sciences de Paris pendant le semestre d'été de 1864; leçon XV, *Théorie des sécrétions*, dans le n° 3 (17 décembre 1864) de la seconde année de la *Revue des cours scientifiques*.

Digitized by Google

parce qu'elle paraît s'écarter des règles ordinaires de ces phénomènes, c'est que les nerfs moteurs agissent sur la glande pour l'empêcher de sécréter, tandis que leur action ordinaire est de provoquer l'entrée en fonction des organes auxquels ils se distribuent. Du reste, on a prétendu autrefois qu'il en était également ainsi pour tous les muscles, et que la contraction correspondait non pas à l'inaction des nerfs, mais bien à leur période d'activité et d'influence sur les muscles. Cela est possible : mais il n'y a aucune expérience qui le prouve. Jusqu'à ce moment, ce n'est donc qu'une hypothèse.

La sécrétion du sucre dans le foie présente des phénomènes du même genre.

Quand nous avons montré pour la première fois, chez un lapin, le moyen de produire artificiellement le diabète, en piquant le plancher du quatrième ventricule, nos idées sur les phénomènes qui se produisaient dans cette opération étaient sans doute bien différentes de celles que nous avons aujourd'hui. C'est là ce qui arrive toujours en matière de science; on ne peut atteindre la vérité qu'en passant par beaucoup d'erreurs. Nous avons donc changé d'opinion à ce sujet, et en effet, à quoi servirait d'étudier ces sciences si l'on ne changeait pas d'opinion? Ce changement est la condition indispensable du progrès. On commence toujours par des vues hypothétiques, et par une première idée qui sert de suite; puis on s'avance ainsi par des recherches successives. Les vues changent à mesure que les faits devenant plus nombreux peuvent se vérifier les uns par les autres. Mais les faits ne changent pas pour cela; ce n'est que leur interprétation qui peut changer.

Les faits une fois établis subsistent toujours; c'est avec eux qu'on construit la science; et ils ne changent pas, parce qu'ils sont en dehors de nous, c'est-à-dire dans la nature. Au contraire, les explications que nous donnons des faits résident seulement dans notre esprit, et leur modification successive représente le progrès scientifique.

A l'époque où nous avons institué ces expériences sur le diabète artificiel, nous considérions les pneumogastriques comme les nerfs sécréteurs du foie, et nous supposions que la sécrétion sucrée était due à leur action sur cette glande. Il semblait donc qu'en irritant l'origine du pneumogastrique, on devait produire une exaltation de l'action de ce nerf sur le foie, et par suite une exagération de la sécrétion glycogénique, c'est-à-dire le diabète. Nous piquâmes donc la moelle allongée d'un lapin, vers l'origine des nerfs pneumogastriques dans le but de produire une irritation qui exagérât l'action de ces nerfs sur le foie, de manière à augmenter la sécrétion de cette glande. Le diabète se produisit absolument comme si la théorie dont nous étions partie avait été bonne : et cependant elle ne valait rien. En général, il ne faut pas se hâter de proclamer la vérité d'une hypothèse ou d'une théorie qu'une seule expérience vient confirmer; il faut toujours s'en défier et chercher soi-même à la démolir par des expériences autrement disposées, accumulées en grand nombre et très-variées. Car, lorsqu'on a trouvé la vérité, elle doit résister à toutes les vérifications et l'on doit y arriver par tous les bouts. Nous voulions savoir si c'était bien réellement le nerf vague ou pneumogastrique, qui portait l'irritation de la piqûre au foie. Pour cela, le pneumogastrique fut préalablement coupé, et l'irritation portée ensuite à l'origine de ce nerf comme dans les expériences précédentes. Or, l'effet fut le même que lorsque la section du pneumogastrique n'avait pas eu lieu, et le diabète se produisit encore. Il était clair, dans ce cas, que le phénomène ne pouvait plus être dû à une exagération de l'action du pneumogastrique, puisque cette action était complétement arrêtée, et par suite l'explication que nous avions donnée n'était pas bonne. Aujourd'hui même, nous ne pouvons pas encore expliquer parfaitement ces faits et nous rendre un compte exact du mécanisme par lequel se produit dans ces circonstances l'hypersécrétion du foie qui constitue le diabète. Cependant tout paraît prouver que c'est une simple paralysie des nerfs vaso-moteurs. Le curare, ainsi que nous le savons, produit le diabète en exagérant la sécrétion sucrée comme il exagère les autres sécrétions. Certains expérimentateurs disent avoir produit le diabète artificiel en coupant les fils du grand sympathique qui se rendent au foie; mais nous n'avons pas eu occasion de vérifier cela dans nos expériences.

Notre conclusion, d'après tout ce qui précède, est donc qu'on ne doit pas distinguer des nerfs sécréteurs ou trophiques, comme constituant une classe à part; ce sont toujours des nerfs moteurs. On ne comprend pas d'ailleurs, comment un nerf pourrait agir sur les liquides de l'organisme ou sur les globules du sang auxquels il n'aboutit même pas. Nous ne considérons pas, en effet, la force nerveuse comme se confondant avec l'électricité, et pouvant dès lors être transmise par des liquides. Il y a, il est vrai, chez certains poissons, la torpille, par exemple, un organe producteur d'électricité et les expériences de M. Moreau notamment (1) prouvent qu'en irritant le nerf sécréteur de cet organe on provoque la décharge électrique. Mais là encore, suivant nous, le phénomène doit se ramener à certaines combinaisons de mouvements jusqu'ici inconnues.

En un mot, nous n'admettons que deux ordres de nerfs : des nerfs moteurs et des nerfs sensitifs, et il n'y a pas lieu d'y ajouter des nerfs trophiques. Cette opinion trouve une confirmation dans les propriétés physiologiques du curare; puisque les nerfs dont on prétend constituer la classe des nerfs trophiques se comportent exactement à l'égard de cet agent toxique comme des nerfs moteurs.

Il nous resterait encore à examiner l'action intime du curare, et nous y avons beaucoup réfléchi, parce que nous tiendrions beaucoup à terminer cette question.

(1) On peut y ajouter les travaux tout récents de M. Charles Robin sur l'appareil électrique des raies.

Digitized by Google

Mais nous devons reconnaître que cela nous paraît extrêmement difficile dans l'état actuel de nos connaissances. Nous avons au moins obtenu un résultat très-important, la limitation exacte du phénomène toxique primitif à l'extrémité musculaire du nerf moteur; nous savons parfaitement où il faut chercher l'explication. Mais il se passe là une action bien fugace, puisque, dans l'empoisonnement d'une glande seule, il suffit d'un léger lavage de l'extrémité du nerf moteur par le sang non-empoisonné pour que les propriétés vitales des nerfs reparaissent aussitôt.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIQUE VÉGÉTALE (1).

### COURS DE M. GEORGES VILLE.

### III.

### Idées des chimistes sur la constitution des corps organiques.

Messieurs,

Dans notre dernière séance, nous avons passé en revue tous les documents que la science possède sur la composition élémentaire des végétaux, et sur la répartition de leurs constituants au sein de leurs divers organes. De tous les faits que nous avons pu recueillir, nous nous sommes efforcés de déduire quelques principes généraux vraiment dignes de ce nom par leur grande simplicité.

Rappelons, en quelques mots, les résultats obtenus.

Chaque élément minéral se concentre de préférence dans une certaine catégorie d'organes, après avoir éprouvé auparavant une sorte de migration à travers tous les autres.

Pour les éléments organiques, les choses se passent plus simplement. A part l'azote qui se concentre de préférence dans le fruit et dans la graine, tous les organes indistinctement les contiennent dans la même proportion.

Ces notions, assurément pleines d'intérêt, sont loin cependant d'avoir épuisé le sujet. Nous n'avons rien dit encore des combinaisons que les éléments organiques forment au sein de la plante, rien des transformations variées et multiples que ces combinaisons y subissent, et dont la succession, si elle n'est le procédé même de l'accroissement des végétaux, en est au moins la condition essentielle.

Cette étude, aussi difficile qu'intéressante, n'est possible qu'à la condition de savoir comment les chimistes sont parvenus à définir la véritable nature des corps organiques, et par quelle série d'efforts et de tentatives, ils ont acquis les résultats incontestables dont la science s'est peu à peu enrichie. Sans ces préliminaires, de pure théorie, il nous serait impossible de comprendre, et surtout de définir nous-même, avec quelque rigueur, le travail si mystérieux de la vie végétale.

Avant Lavoisier, on ne possédait sur la constitution intime des corps que des notions vagues, le plus souvent même fort éloignées de la vérité. Mais lorsque ce savant, si justement célèbre, eut découvert, la véritable nature de l'air et de l'eau, il fut conduit, par une généralisation légitime de ces grands résultats, à poser en principe que tous les corps se résolvaient dans un petit nombre d'éléments, au delà desquels il était impossible à l'analyse de s'élever. Il admettait, en outre, et avec non moins de raison, que ces éléments, toujours identiques avec eux-mêmes, imprimaient, dans une certaine mesure, leurs caractères individuels à tous les composés à la formation desquels ils avaient concouru, ce qui permettait d'en reconnaître partout la présence.

Cette notion des éléments, tout à fait différente de celle que les anciens nous avaient léguée, devait conduire à des conséquences singulièrement fécondes.

En voyant l'oxygène former, par sa combinaison avec les métaux, tous les oxydes alors connus, le même oxygène former, avec le charbon, l'acide carbonique, avec le soufre, l'acide sulfurique, oxydes et acides aptes à se combiner, à leur tour, pour former des sels, il était naturel d'admettre, entre les éléments dissemblables, l'existence d'une sorte d'antagonisme, de dualisme, pour me servir du mot consacré, ayant quelque analogie avec celui des sexes chez les animaux.

Ainsi se trouvait expliquée la faculté que possédaient les éléments chimiques de se combiner, en procédant toujours deux à deux depuis les composés les plus simples jusqu'aux plus complexes, jusqu'aux sels doubles résultant de l'union de deux sels, dans chacun desquels il existait déjà un oxyde et un acide différents. Ce fut cette théorie dualistique qui présida à la création de la nomenclature de Guyton de Morveau à laquelle concoururent aussi Lavoisier, Berthollet et Fourcroy.

L'idée du dualisme dans les combinaisons, l'une des plus heureuses conceptions de l'esprit humain, prit une importance de plus en plus grande à mesure que la chimie fit de nouveaux progrès sous l'impulsion de Lavoisier et de ses continuateurs. C'est ainsi que l'électro-chimie vint corroborer l'opinion des chimistes, en montrant que dans toute décomposition par la pile, l'un des constituants se rend au pôle négatif et l'autre au pôle positif, ce qui conduit à ranger les corps simples en électro-positifs et électro-négatifs, et explique, dans une certaine mesure, les affinités réciproques des éléments par leurs propriétés électriques contraires.

Depuis quelques années, le système dualistique, et la nomenclature qui le représente, ont soulevé contre eux bien des objections. Il est pourtant permis de dire que, si tous les phénomènes ne trouvent pas dans ce système leur expression vraie, il reste encore, au moins en chimie minérale, le moyen le plus commode d'expliquer les faits et de les rendre saisissables aux intelligences qui commencent à s'appliquer à l'étude de cette science.

A l'égard des composés organiques, le système dualistique s'était d'abord montré difficilement applicable. Les corps que l'on rencontre au sein des êtres vivants se détruisent sans retour, aussitôt que l'on tente d'isoler les éléments dont ils sont formés. Malgré leurs propriétés si dissemblables, les corps gras, les cires, les essences, les résines, le sucre, etc., etc., se résolvent toujours dans les mêmes éléments : le carbone, l'hydrogène et l'oxygène. D'autres composés contiennent, en outre, de l'azote, du soufre et du phosphore.

Comment apercevoir, dans des produits, si différents par leurs propriétés et si voisins par leur composition, quelque indice certain de ce dualisme qui avait jeté sur la véritable nature des corps minéraux une si vive lumière. L'embarras

(1) Voy. les nos 32 et 36.

Digitized by Google

des chimistes était extrême, en effet, lorsqu'en 1814, Gay-Lussac découvrit le cyanogène.

Si l'on remplit un tube de porcelaine avec du charbon en graines, imbibé d'une dissolution concentrée de carbonate de potasse, et si l'on fait passer dans ce tube, chauffé au rouge blanc, un courant d'azote, une partie de ce gaz est absorbée. Que devient-il? Laissez refroidir le tube; traitez son contenu par de l'eau bouillante; filtrez la dissolution, et mélangez-la avec une dissolution également bouillante de nitrate de mercure. Par le refroidissement de la liqueur, il se formera une masse cristalline. Ces cristaux séchés et chauffés à feu nu dans une cornue de verre, régénèrent du mercure, et laissent dégager un gaz éminemment délétère, incolore, brûlant avec une flamme pourpre, et qui, soumis à l'analyse, se montre composé de deux équivalents de carbone, et d'un équivalent d'azote, ce que l'on exprime par la formule $C^2Az$.

Le cyanogène a pris naissance par la combinaison de l'azote avec le carbone, et s'est immédiatement combiné lui-même avec le potassium du carbonate de potasse, pour produire du cyanure de potassium $K,C^2Az$, soluble dans l'eau, lequel s'est ensuite transformé en cyanure de mercure $Hg,C^2Az$ au contact du nitrate de mercure, conformément à l'équation suivante :

$$\underbrace{K,C^2Az}_{\text{Cyan. de potassium.}} + \underbrace{HgO,AzO^5}_{\text{Nitrate de mercure.}} = \underbrace{KO,AzO^5}_{\text{Nitrate de potasse.}} + \underbrace{Hg,C^2Az}_{\text{Cyan. de mercure.}}$$

Plus tard, par l'action de la chaleur, le cyanure de mercure s'est décomposé en mercure et en cyanogène. Dans ces diverses réactions, le groupe $C^2Az$ s'est transporté d'une seule pièce, et a fonctionné comme un véritable corps simple. Il est impossible de conserver à cet égard le moindre doute. Le cyanogène forme, en effet, avec l'hydrogène, un hydracide $H,C^2Az$, correspondant à l'acide chlorhydrique HCl. C'est l'acide cyanhydrique ou prussique, le plus terrible des poisons connus, dont l'existence a été signalée d'abord dans les feuilles du laurier-cerise.

Le cyanogène se combine avec tous les métaux pour produire des cyanures analogues et correspondants aux chlorures. Il forme avec l'oxygène plusieurs acides, de même que le chlore, le brome et l'iode. En un mot, il présente avec ces métalloïdes les plus étroites analogies chimiques.

L'existence d'un corps composé fonctionnant comme un corps simple, était un fait doublement considérable. D'abord il portait atteinte aux idées dualistiques, car les cyanures, qui offraient tous les caractères des combinaisons binaires, étaient, en réalité, composés de trois éléments. D'ailleurs, si, pour faire disparaître ce désaccord, on admettait que certains groupements moléculaires étaient susceptibles de jouer le rôle de radicaux, et d'occuper dans les combinaisons la même place que les corps simples, la théorie dualistique, ébranlée dans son principe essentiel, étendait néanmoins son horizon, et pouvait, dans une certaine mesure, prétendre expliquer la constitution des corps organiques, il suffisait pour cela d'admettre dans tous les corps l'existence d'un ou de plusieurs radicaux.

Le cyanogène est bien, en effet, un véritable radical. On peut l'isoler sans lui faire perdre ce caractère, et, de plus, il fait partie de divers produits organiques. Mais, comme en réalité la grande majorité des corps organiques ne présentent rien de semblable, cette généralisation, fondée sur la découverte de Gay-Lussac, était évidemment prématurée. La théorie était vraie pour le cyanogène, puisqu'elle n'était, en définitive, que l'expression d'un fait souverainement constaté par l'expérience : mais était-il légitime de l'étendre à tous les autres composés organiques à l'égard desquels l'expérience ne s'était pas prononcée?

Une découverte inattendue vint faire subir à la théorie dualistique un nouvel amendement, tout en généralisant la théorie des radicaux.

Lorsqu'on chauffe dans une cornue un mélange de sel ammoniac et de chaux vive, il se dégage un gaz d'une odeur pénétrante, excessivement soluble dans l'eau, et qui a pour formule $AzH^3$ : c'est l'ammoniaque. La solution aqueuse de ce gaz, très-anciennement connue sous le nom d'alcali volatil, jouit, comme ce nom le rappelle, de la plupart des propriétés d'un véritable alcali. Elle neutralise les acides, et fournit des sels qui offrent les plus frappantes analogies avec ceux de la potasse ou de la soude. Toutefois, si l'on étudie attentivement la composition de ces sels, on voit que ce n'est point le corps $AzH^3$ qui remplit chez eux le rôle de base. Pour obtenir un sel avec ce gaz, il faut toujours lui adjoindre un équivalent d'eau HO. C'est ainsi que l'on a

$$\underbrace{AzH^3}_{\text{Ammoniaque.}} + \underbrace{HO}_{\text{Eau.}} + \underbrace{SO^3}_{\text{Acide sulfurique.}} = \underbrace{AzH^3,HO,SO^3}_{\text{Sulf. d'ammoniaque.}}$$

Dans le sulfate d'ammoniaque, c'est donc le groupe chimique $AzH^3,HO$ qui remplit le rôle de la potasse dans le sulfate de potasse. Si l'on suppose que ce groupe ne forme qu'une seule molécule chimique, on est amené à le formuler $AzH^4O$, et si on le compare à la potasse KO, on est irrésistiblement conduit à voir dans ce corps l'oxyde d'un radical $AzH^4$, correspondant au potassium.

Cette théorie, connue sous le nom de théorie de l'ammonium, imaginée par Ampère et développée par Berzelius, trouve un puissant appui dans la constitution du chlorhydrate d'ammoniaque. Le gaz $AzH^3$, qui ne se combine avec les oxacides qu'après avoir fixé un équivalent d'eau, se combine au contraire directement aux hydracides et notamment à l'acide chlorhydrique, pour former un sel correspondant au chlorure de potassium.

$$\underbrace{AzH^3}_{\text{Ammoniaque.}} + \underbrace{HCl}_{\text{Ac. chlorhydrique.}} = \underbrace{AzH^4,Cl.}_{\text{Chlorhydrate d'am.}}$$

Dans ce système, le chlorhydrate d'ammoniaque est donc le chlorure du radical ammonium $AzH^4$, comme l'alcali volatil $AzH^4O$ en est l'oxyde.

L'hypothèse de l'ammonium, qui explique si bien la constitution des composés ammoniacaux en les faisant rentrer dans le giron de la théorie dualistique, acquerrait la valeur d'une vérité démontrée s'il était possible d'isoler l'ammonium comme on avait isolé le cyanogène. Malheureusement, toutes les tentatives faites dans ce but ont été infructueuses. Cependant l'expérience suivante mérite d'être signalée, et si elle n'équivaut pas à la preuve tirée de l'isolement du radical $AzH^4$, elle s'en rapproche assez pour donner à la théorie de l'ammonium une base presque aussi sûre.

Si l'on place au fond d'un verre une petite quantité d'amalgame de potassium, et qu'on verse dessus une dissolution concentrée de chlorhydrate d'ammoniaque, au bout de quelques instants l'amalgame se tuméfie et acquiert un volume considérable. Sa consistance, de visqueuse qu'elle était, devient plus compacte. Si on le refroidit, il cristallise en petits cubes doués de l'éclat métallique. Enfin, abandonné à lui-même, il se décompose lentement et se résout en mercure

Digitized by Google

métallique Hg, en ammoniaque $AzH^3$ et en hydrogène H, ces deux derniers dans les rapports voulus pour produire l'ammonium $AzH^4$. Or, ni l'ammoniaque ni l'hydrogène ne sont susceptibles de former avec le mercure un composé semblable à celui que nous venons de décrire : donc ce qui était en combinaison avec le mercure était bien le corps $AzH^4$, c'est-à-dire l'ammonium.

On obtient encore ce même amalgame en décomposant par la pile le chlorhydrate d'ammoniaque au contact d'un globule de mercure.

L'ammonium est donc, en définitive, un radical composé au même titre que le cyanogène, mais il joue le rôle d'un métal tandis que le cyanogène remplit celui d'un métalloïde. Remarquons enfin que l'ammonium n'existe qu'à l'état de combinaison, tandis que le cyanogène peut être isolé.

L'existence de l'ammonium complétait la notion des radicaux composés en montrant qu'il pouvait en exister d'électro-positifs aussi bien que d'électro-négatifs, de basiques aussi bien que d'acides. Dès lors il devenait possible de concevoir la constitution d'un composé binaire à l'aide de deux radicaux composés. Le cyanhydrate d'ammoniaque ou cyanure d'ammonium $AzH^4,C^2Az$ en était un exemple.

Grâce à ces deux amendements successifs, l'existence de radicaux isolables et de radicaux qui ne le sont pas, la théorie dualistique reprend tous ses droits, et, bien qu'elle se soit fort éloignée de son point de départ, elle reparaît victorieuse ayant conquis les produits cyanurés et les composés ammoniacaux qui avaient d'abord paru lui échapper. Elle va maintenant prétendre à un plus haut degré de généralité et tenter de soumettre à ses formules toutes les combinaisons organiques connues. Résistera-t-elle à cette nouvelle épreuve ?

L'alcool de vin est composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène dans les rapports exprimés par la formule $C^4H^6O^2$. Chauffé avec de l'acide sulfurique dans un appareil distillatoire, il se transforme en un corps éminemment volatil qui se condense dans le réfrigérant et auquel l'analyse assigne la composition $C^4H^5O$ : c'est l'éther. Si l'on examine le liquide restant, on y retrouve l'acide sulfurique en totalité : il est seulement devenu plus aqueux. L'alcool s'est donc dédoublé en éther et en eau comme l'exprime l'équation suivante :

$$\underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} = \underbrace{C^4H^5O}_{\text{Éther.}} + \underbrace{HO}_{\text{Eau.}}.$$

Si aux matériaux de l'expérience précédente, on avait ajouté de l'acide acétique ou un acétate, au lieu d'obtenir de l'éther ordinaire, on aurait produit de l'éther acétique et de l'eau :

$$\underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} + \underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Acide acétique.}} = \underbrace{C^4H^5O,C^4H^3O^3}_{\text{Éther acétique.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}}.$$

Exactement comme avec de l'hydrate de potasse et de l'acide acétique on obtient de l'acétate de potasse et de l'eau.

$$\underbrace{KO,HO}_{\text{Hydrate de potasse.}} + \underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Acide acétique.}} = \underbrace{KO,C^4H^3O^3}_{\text{Acétate de potasse.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}}.$$

Ces rapprochements nous amènent donc finalement à voir dans le groupe $C^4H^5$, qui joue le même rôle que le potassium dans l'équation précédente, un radical analogue à l'ammonium dont l'éther serait l'oxyde anhydre, l'alcool, l'oxyde hydraté et l'éther acétique l'acétate. Grâce à cette hypothèse, les éthers chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique et cyanhydrique deviennent le chlorure, le bromure, l'iodure et le cyanure de ce même radical $C^4H^5$ auquel on a donné le nom d'éthyle, et tous les éthers dérivés de l'alcool entrent dans le cadre de la théorie dualistique.

Mais ici se présente une difficulté. Bien qu'on ne puisse isoler l'ammonium, nous n'avons éprouvé aucune répugnance à l'accepter à titre de radical, parce que tous ses sels obéissent aux lois de Berthollet sur les doubles décompositions et que nous connaissons son amalgame avec le mercure. Mais l'éthyle que l'on ne peut non plus isoler, non-seulement ne forme pas d'amalgame avec le mercure, mais encore ne donne naissance qu'à des éthers qui ne ressemblent aux véritables sels que par les formules, car sous le rapport des propriétés ils en diffèrent essentiellement.

Tous les chlorures, y compris celui d'ammonium, forment avec le nitrate d'argent un précipité blanc de chlorure d'argent, insoluble dans les acides et soluble dans l'ammoniaque. Il ne se produit rien de semblable avec le chlorure d'éthyle. Le cyanure de potassium forme avec le même nitrate d'argent un précipité blanc de cyanure d'argent; l'éther cyanhydrique ou cyanure d'éthyle ne donne lieu, dans les mêmes circonstances, à aucun précipité. Il en est de même de tous les éthers. Quel que soit l'hydracide ou l'oxacide qui leur ait donné naissance, il a en quelque sorte perdu son individualité chimique, si bien qu'on ne retrouve dans le composé aucune des propriétés caractéristiques des composants.

Si donc on veut étendre la théorie dualistique à l'explication des combinaisons alcooliques il devient nécessaire d'admettre l'existence d'une troisième espèce de radicaux, qu'on ne peut pas isoler, et qui, même à l'état de combinaisons, ne possèdent plus les caractères d'un véritable radical. Ces radicaux ne sont plus que des représentations symboliques des corps, sans aucune espèce de réalité objective. Si vous pouviez conserver quelques doutes à cet égard, je crois que les points nouveaux dont je vais vous entretenir ne manqueront pas de les dissiper.

Quand on expose pendant plusieurs heures, à l'action directe des rayons solaires, un grand flacon rempli de chlore et contenant, en outre, une petite quantité d'acide acétique, les parois du flacon ne tardent pas à se tapisser de cristaux blancs. L'examen attentif de ces cristaux apprit à M. Dumas, à qui on en doit la découverte, que leur composition devait être exprimée par la formule

$$C^4\left\{\begin{matrix}H\\Cl^3\end{matrix}\right\}O^4.$$

Ce corps nouveau reproduit la composition de l'acide acétique $C^4H^4O^4$ à cela près que $Cl^3$ a remplacé $H^3$; ajoutons qu'il se comporte dans toutes ses réactions comme ce dernier acide, dont il ne diffère notablement que par ses propriétés physiques. C'est ainsi qu'il forme avec les bases des sels qui correspondent en tout point aux acétates.

$$\underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Acide acétique.}} + \underbrace{MO}_{\text{Base.}} = \underbrace{C^4H^3O^3,MO}_{\text{Acétate.}} + \underbrace{HO}_{\text{Eau.}}.$$

$$\underbrace{C^4\left\{\begin{matrix}H\\Cl^3\end{matrix}\right\}O^4}_{\text{Acide chloracétique.}} + \underbrace{MO}_{\text{Base.}} = \underbrace{C^4Cl^3O^3,MO}_{\text{Chloracétate.}} + \underbrace{HO}_{\text{Eau.}}.$$

Si l'on chauffe l'acide acétique avec un excès de potasse et de chaux ou de baryte, il se produit de l'acide carbonique et du gaz des marais.

$$\underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Acide acétique.}} = \underbrace{C^2H^4}_{\text{Gaz des marais.}} + \underbrace{2CO^2}_{\text{Acide carbonique.}}.$$

Digitized by Google

Dans les mêmes conditions de température, le chloracétate de soude ou de potasse mêlé avec un excès de baryte produit du chloroforme et de l'acide carbonique.

$$\underbrace{C^4\left\{\begin{matrix}H\\Cl^3\end{matrix}\right\}O^4}_{\text{Acide chloracétique.}} = \underbrace{C^2\left\{\begin{matrix}H\\Cl^3\end{matrix}\right\}}_{\text{Chloroforme.}} + \underbrace{2CO^2}_{\text{Acide carbonique.}}$$

Or comparez la formule du chloroforme à celle du gaz des marais, et vous voyez qu'elle est la même, à cela près que trois équivalents de chlore y remplacent trois équivalents d'hydrogène, exactement comme dans l'acide chloracétique par rapport à l'acide acétique.

Il est donc bien évident qu'en pénétrant dans la molécule d'acide acétique, le chlore n'en a modifié en rien les propriétés chimiques, que le *type* acide acétique a été intégralement conservé.

La théorie dualistique, — qui suppose, dans tous les corps composés, deux molécules antagonistes se neutralisant réciproquement sans perdre leurs caractères spécifiques, — se trouve donc ici contredite par l'expérience de la manière la plus formelle. En entrant dans l'acide acétique, le chlore ne l'a en rien neutralisé. Cet acide survit en réalité à son action, car l'acide chloracétique obtenu possède, vis-à-vis des bases, la même capacité de saturation que l'acide acétique lui-même. Le chlore, de son côté, n'a pas conservé la moindre trace de ses propriétés car, mis en rapport avec le nitrate d'argent, l'acide chloracétique ne produit pas de chlorure d'argent. Que s'est-il donc passé ?

Le chlore est simplement venu prendre la place de trois équivalents d'hydrogène, se substituer à eux sans changer ni le caractère, ni la nature, ni les fonctions chimiques de l'acide acétique. D'après cela n'est-il pas manifeste que certains édifices moléculaires, certains *types* possèdent une existence indépendante de la nature des éléments qui concourent à les former et peuvent, par conséquent, les échanger en partie contre d'autres, sans pour cela cesser d'exister avec leur formule et leurs propriétés primitives ?

La théorie dualistique, qui avait résisté à la découverte du cyanogène et de l'ammoniaque par l'hypothèse des radicaux, se trouve en opposition formelle avec la découverte des *types* et le phénomène si remarquable des *substitutions*.

Mais cette théorie des types, incontestablement vraie à l'égard de l'acide chloracétique, comme celle des radicaux l'était pour le cyanogène, est-elle donc plus générale que le dualisme ? Se prêtera-t-elle à l'explication de tous les faits que la science possède ou qu'elle est à la veille de découvrir ?

Ce qui est bien certain, c'est que l'introduction de l'idée des *types*, rapprochée de la notion des radicaux, a donné aux phénomènes de substitution une importance toute nouvelle. Non-seulement un corps simple peut en remplacer un autre au sein d'un système moléculaire acide, neutre ou basique, mais des groupes complexes, fonctionnant comme des radicaux, peuvent aussi jouer le même rôle et donner lieu, par substitution, à des formations de plus en plus complexes sans que le corps initial, générateur de tous ces dérivés, ait subi lui-même aucune atteinte dans ses propriétés les plus essentielles.

On peut, par exemple, remplacer un ou plusieurs équivalents d'hydrogène par un nombre égal d'équivalents d'acide hypoazotique, dans la benzine, dans la glycérine ou dans la cellulose, et régénérer ces divers corps avec toutes leurs propriétés initiales par la substitution inverse de l'hydrogène à l'acide hypoazotique. Voici un exemple de ce genre de substitution :

$$\underbrace{C^{12}H^6}_{\text{Benzine.}} + \underbrace{AzO^5,HO}_{\text{Acide azotique.}} = \underbrace{C^{12}\left\{\begin{matrix}H^5\\AzO^4\end{matrix}\right\}}_{\text{Nitrobenzine.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}}$$

Les alcaloïdes artificiels, découverts par MM. Zinin, Wurtz et Hoffmann, sont dans le même cas et démontrent que l'ammoniaque peut conserver son type et sa formule bien que un, deux ou même trois équivalents d'hydrogène soient remplacés par des groupes moléculaires variés, parmi lesquels se trouvent notamment les radicaux $C^2H^3$, $C^4H^5$, etc., etc.

| Ammoniaque. | Méthylamine. | Diméthylamine. | Triméthylamine. |
|---|---|---|---|
| $Az\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right.$ | $Az\left\{\begin{matrix}H\\H\\C^2H^3\end{matrix}\right.$ | $Az\left\{\begin{matrix}H\\C^2H^3\\C^2H^3\end{matrix}\right.$ | $Az\left\{\begin{matrix}C^2H^3\\C^2H^3\\C^2H^3\end{matrix}\right.$ |
| **Ammoniaque.** | **Éthylamine.** | **Diéthylamine.** | **Triéthylamine.** |
| $Az\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right.$ | $Az\left\{\begin{matrix}H\\H\\C^4H^5\end{matrix}\right.$ | $Az\left\{\begin{matrix}H\\C^4H^5\\C^4H^5\end{matrix}\right.$ | $Az\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\C^4H^5\\C^4H^5\end{matrix}\right.$ |

La théorie des types, déjà si féconde, le devient bien davantage encore si on la complète par celle des corps homologues. Avec cette dernière découverte, la science est entrée dans une phase nouvelle de progrès et de développement. Marquons avec précision le caractère et la portée de cette évolution des théories chimiques.

Nous avons dit que l'alcool de vin avait pour formule $C^4H^6O^2$. Or, à côté de ce corps vient se placer l'esprit de bois dont la formule $C^2H^4O^2$ présente avec celle de l'alcool des rapports remarquables. A la suite de ces deux produits vient se ranger, avec non moins de raison, l'huile de pommes de terre $C^{10}H^{12}O^2$, et, — chose bien inattendue, — ces trois corps, soumis aux même réactions donnent naissance, par la même altération du type alcool, à des produits nouveaux, doués des mêmes aptitudes chimiques et de propriétés analogues. Pour ce motif on a dit que l'esprit de bois et l'huile de pommes de terre étaient aussi des alcools. Permettez-moi de justifier par quelques exemples cette extension donnée au mot alcool qui n'avait encore désigné que l'esprit de vin et qui dès lors acquit une signification générique.

Fait-on agir l'acide sulfurique sur les trois alcools susnommés, tous trois subissent la même réaction et produisent un éther.

$$\underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool de vin.}} - \underbrace{HO}_{\text{Eau.}} = \underbrace{C^4H^5O}_{\text{Éther ordinaire.}}$$

$$\underbrace{C^2H^4O^2}_{\text{Esprit de bois.}} - \underbrace{HO}_{\text{Eau.}} = \underbrace{C^2H^3O}_{\text{Éther méthylique.}}$$

$$\underbrace{C^{10}H^{12}O^2}_{\text{Huile de pommes de terre.}} - \underbrace{HO}_{\text{Eau.}} = \underbrace{C^{10}H^{11}O}_{\text{Éther amylique.}}$$

Sous l'influence de l'oxygène, tous trois produisent un acide, et, dans les trois cas, cet acide se forme par la même réaction.

$$\underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool de vin.}} + \underbrace{4O}_{\text{Oxygène.}} = \underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Acide acétique.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}}$$

$$\underbrace{C^2H^4O^2}_{\text{Esprit de bois.}} + \underbrace{4O}_{\text{Oxygène.}} = \underbrace{C^2H^2O^4}_{\text{Acide formique.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}}$$

$$\underbrace{C^{10}H^{12}O^2}_{\text{Huile de pommes de terre.}} + \underbrace{4O}_{\text{Oxygène.}} = \underbrace{C^{10}H^{10}O^4}_{\text{Ac. valérianique.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}}$$

Digitized by Google

La formule des corps dérivés se rattache toujours à celle des corps originaires par un lien commun; nous sommes donc autorisés à étendre la désignation d'alcools à l'esprit de bois et à l'huile de pommes de terre.

Ces trois corps qui se comportent de même dans leurs diverses réactions présentent, en outre, certains caractères communs qui ressortent de la comparaison même de leurs formules. Tous trois contiennent un nombre pair d'équivalents de carbone; tous trois renferment un nombre d'équivalents d'hydrogène supérieur de deux au nombre d'équivalents de carbone; tous trois enfin se complètent par deux équivalents d'oxygène. La composition chimique de ces trois alcools peut donc être représentée par la formule générale $C^{2n}H^{2n+2}O^2$.

Dès lors les éthers et les acides qui en dérivent pourront, eux aussi, être représentés par des formules générales :

$$\underbrace{C^{2n}H^{2n+2}O^2}_{\text{Alcool.}} - \underbrace{HO}_{\text{Eau.}} = \underbrace{C^{2n}H^{2n+1}O}_{\text{Éther.}}$$

$$\underbrace{C^{2n}H^{2n+2}O^2}_{\text{Alcool.}} + \underbrace{4O}_{\text{Oxyg.}} = \underbrace{C^{2n}H^{2n}O^4}_{\text{Acide.}}$$

La liste des alcools connus est aujourd'hui fort nombreuse et tous présentent les principales réactions de l'alcool de vin, tous obéissent aux lois exprimées par les formules générales que nous venons d'établir.

Le type alcool est donc susceptible d'une série de dégradations dans lesquelles le carbone et l'hydrogène sont de plus en plus condensés, mais dont les fonctions chimiques restent toujours les mêmes. Les divers termes de cette série sont tous des alcools, et l'on ajoute qu'ils sont *homologues* entre eux, c'est-à-dire doués de propriétés correspondantes malgré les différences que présente leur composition. Le type alcool engendre par dérivation le type éther, le type aldéhyde, le type acide et un grand nombre d'autres, représentant chacun une nouvelle série homologue qui se rattache terme à terme à celle des alcools par la réaction fondamentale de laquelle son type est dérivé.

Je n'ai pas besoin d'insister beaucoup pour vous faire saisir la haute généralité du merveilleux instrument de classification que la notion des types et celle des homologues ont introduit dans la science. Mais ces deux notions en font naître elles-mêmes une troisième; c'est que les corps organiques, loin d'être l'expression d'un antagonisme dualistique, représentent, au contraire, des systèmes *unitaires*, dont tous les éléments sont mobiles à des degrés différents et peuvent être remplacés par d'autres, sans que le caractère essentiel du corps originaire ait subi aucune atteinte importante.

Lavoisier distinguait dans chaque corps composé l'élément combustible et l'élément comburant; la théorie électro-chimique voit dans le premier un corps positif et dans le second un corps négatif : c'est toujours au fond la même idée. Mais par opposition à cette doctrine, que réfutent les faits dont je viens de vous entretenir, on peut, avec de grands avantages, envisager les divers composés chimiques comme autant de systèmes uniques, formés de molécules maintenues ensemble par les diverses forces dont la résultante constitue l'affinité. Chacun de ces systèmes comprend des molécules plus ou moins nombreuses, simples ou composées remplissant dans l'ensemble un rôle analogue à celui des planètes composées — comme la terre et la lune, Jupiter et ses satellites — dans notre système planétaire.

Cette notion nouvelle, connue sous le nom de *théorie unitaire*, apporte une grande simplicité dans la classification des corps organiques, en même temps qu'elle met en évidence les rapport de génération de chacun d'eux.

Avant de nous séparer, messieurs, je voudrais appeler tout particulièrement votre attention sur une réaction remarquable des alcools, dont la connaissance approfondie nous est indispensable pour définir la véritable nature d'une classe nombreuse de composés végétaux, à l'étude desquels nous devons consacrer les deux prochaines séances.

Je vous ai déjà dit que l'alcool $C^4H^6O^2$ traité par l'acide sulfurique se dédoublait en deux produits nouveaux l'eau et l'éther $HO + C^4H^5O$; l'éther ne diffère en réalité de l'alcool que par un équivalent d'eau en moins. Tels sont au moins les premiers résultats auxquels on fut conduit par l'étude de cette importante réaction. Mais en examinant de plus près les propriétés de l'éther, et notamment sa densité de vapeur, on a reconnu que sa formule véritable n'était pas $C^4H^5O$, mais bien $C^8H^{10}O^2$, c'est-à-dire le double de la précédente. Dès lors la formation de l'éther exige l'intervention de deux équivalents d'alcool et doit être représentée par la relation suivante :

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C^4H^6O^2\\C^4H^6O^2\end{matrix}\right\}}_{\text{Alcool.}} - \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}} = \underbrace{C^8H^{10}O^2}_{\text{Éther.}}$$

Comment peut-on concevoir le mécanisme de cette nouvelle réaction ?

Le type de l'alcool résiste à l'action de l'acide sulfurique, et alors, si une molécule d'eau se détache de la molécule $C^4H^6O^2$, elle doit être remplacée par un groupe qui vienne s'y substituer. Or, chacune des deux molécules d'alcool perdant une molécule d'eau, les deux résidus se saturent l'un l'autre et restent combinés pour former l'éther qui n'est que de l'alcool $C^4H^6O^2$ dans lequel HO a été remplacé par le groupe $C^4H^5O$.

$$\underbrace{\begin{matrix}C^4H^6O^2 - HO\\C^4H^6O^2 - HO\end{matrix}}_{\text{Alcool.}} = \left.\begin{matrix}C^4H^5O\\C^4H^5O\end{matrix}\right\} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C^4H^5\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^2}_{\text{Éther.}}$$

La constitution chimique de l'éther peut donc être représentée par deux molécules du radical éthyle soudées ensemble devant deux équivalents d'oxygène. Ce qui le prouve bien, c'est qu'il est possible de remplacer l'une de ces deux molécules d'éthyle par une molécule de tout autre radical, de méthyle par exemple. Pour cela il suffit d'opérer, comme l'a fait M. Williamson, sur un mélange de deux alcools différents. On obtient ainsi des éthers mixtes :

$$\left.\begin{matrix}\text{Alcool ordinaire : } C^4H^6O^2\\ \text{Alcool méthylique : } C^2H^4O^2\end{matrix}\right\} - 2HO = \left\{\begin{matrix}C^4H^5\\C^2H^3\end{matrix}\right\}O^2. \text{ (Éther méthyl-éthylique.)}$$

Les alcools sont donc susceptibles de se doubler avec eux-mêmes ou avec leurs homologues en perdant deux équivalents d'eau par couple de molécules et ce mode de réaction engendre les éthers simples et les éthers mixtes.

J'aurai bientôt l'occasion de vous montrer quel secours nous apportera cette observation lorsque nous nous proposerons de déterminer la véritable nature des sucres, des gommes, de la fécule, de la cellulose et d'approfondir le mécanisme de leurs transformations réciproques aux diverses périodes de la végétation.

H. Joulie, pharmacien en chef de l'hôpital Saint-Antoine.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 39. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 26 AOUT 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Médecine expérimentale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : XXXVII. Quelle est l'action intime du curare? Le nerf moteur est-il mort quand il est sous l'influence de ce poison? — XXXVIII (fin du cours). Circonstances favorables ou contraires à l'action du curare et d'autres substances toxiques. — Conclusion générale du cours.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : Acides hypoazotique et azoteux; oxydes d'azote.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique végétale.** — Cours de **M. Georges Ville** : Produits transitoires de l'activité végétale; les hydrates de carbone.

Paris, 25 août 1865.

La dernière séance de l'Académie des sciences n'a pas été très-longue, la villégiature éloignant en ce moment de Paris un grand nombre d'académiciens. Nous signalerons un mémoire d'un professeur de l'Université de Pavie, destiné à mieux établir que les contractions de la vessie urinaire sont dues à une action réflexe du nerf pneumogastrique ; — un travail de M. Coulvier-Gravier sur les étoiles filantes; — une note de M. Soubeyran, dans laquelle il soutient que l'excès des miasmes répandus dans l'atmosphère est la seule cause du choléra, et propose, comme moyen préservatif, l'ozonisation de l'air dans les lieux où sont réunis un grand nombre de personnes; — un mémoire d'un professeur de Palerme, dans lequel il propose, comme remède contre le choléra, l'introduction d'acide carbonique dans les intestins conjointement avec l'administration du bicarbonate de soude; — une seconde note de M. Cloëtz sur l'altération des huiles au contact de l'air; — et un travail de M. Grimaux de Caux sur les quarantaines.

Enfin, comme nous l'annoncions il y a huit jours, M. Davaine a envoyé une note sur la *maladie charbonneuse*, en réponse au travail présenté dans la séance précédente par MM. Leplat et Jaillard. Les expériences de MM. Leplat et Jaillard ont été répétées par eux en présence de M. Davaine, de M. Claude Bernard et de M. Pasteur. M. Davaine reconnaît qu'il ne se produit pas de bactéridies dans les circonstances où ils opèrent; mais il prétend que la maladie dont ils ont ainsi provoqué le développement ne serait pas le véritable sang de rate ou maladie charbonneuse, mais une autre affection septique fort voisine qui aurait été jusqu'ici confondue avec elle et se manifesterait pourtant par des symptômes légèrement différents.

A l'Académie de médecine, M. Cerise a fait un rapport plein d'intérêt sur l'*homme sauvage* du département du Var. Perdu dès sa première enfance et s'étant développé dans le plus complet isolement, en dehors de toute influence de la civilisation et du contact des autres hommes, l'homme sauvage du Var offre un précieux sujet d'étude. M. Cerise a décrit l'infirmité d'esprit et les singularités plus ou moins voisines de la folie qu'il présente, en le mettant cependant au-dessus de Diogène. Il a été amené à parler d'une question qui passionnait tant les esprits au siècle dernier, mais qui ne les occupe plus guère aujourd'hui qu'à un point de vue différent, celle de l'homme primitif.

Nous terminons aujourd'hui le cours de médecine expérimentale de M. Claude Bernard au Collége de France, dont les trente-huit leçons auront ainsi paru intégralement dans la *Revue*. Nous continuerons dans quelque temps la publication du cours de physiologie générale



Digitized by Google

professé cet été, à la Sorbonne, par M. Claude Bernard, et consacré à l'étude des différents liquides de l'organisme.

É. A.

---

## COLLÈGE DE FRANCE.

## MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1).

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

(de l'Institut).

### XXXVII.

**Quelle est l'action intime du curare? — Le nerf moteur est-il mort quand il est sous l'influence de ce poison?**

Nous allons examiner aujourd'hui une question qui touche aux phénomènes intimes de l'empoisonnement par le curare.

Les expériences précédentes nous ont montré où nous devions nous diriger pour chercher l'action toxique intime du curare. Nous savons que nous avons affaire à un phénomène bien circonscrit et très-limité, qui semble fort simple au premier abord, et qui cependant est fort difficile à expliquer. Nous avons, en effet, démontré expérimentalement que l'action toxique du curare consiste exclusivement dans la destruction des propriétés du nerf moteur, et qu'elle ne peut se produire qu'à l'extrémité musculaire de ce nerf. Nos récentes expériences ont établi, en outre, que le nerf ainsi frappé perd d'abord ses propriétés par l'extrémité centrale ou médullaire, et que la disparition des propriétés vitales se propage ensuite progressivement en descendant le nerf moteur jusqu'à son extrémité musculaire où s'était produite l'action primitive du poison. Le nerf moteur meurt donc par le curare, absolument de la même manière que par soustraction du sang ou par arrêt de la nutrition : c'est-à-dire que la mort toxicologique suit ici exactement les mêmes phases que la mort naturelle.

Mais quelle est la propriété vitale du nerf moteur qui disparaît ainsi sous l'influence du curare? Le nerf moteur a deux propriétés principales qui correspondent à son double rôle physiologique. A son extrémité périphérique ou musculaire, il excite le muscle dans lequel il se termine, et le fait entrer en contraction s'il était en repos, ou pourrait peut-être même faire cesser la contraction si elle existait déjà : en un mot, il change l'état physiologique du muscle. A son extrémité centrale ou médullaire, le nerf moteur a la propriété d'être excité par le nerf sensitif, et c'est cette réaction directe du nerf sensitif sur le nerf moteur au travers de la moelle épinière qui constitue le mécanisme des actions réflexes, lesquelles jouent, comme vous le savez, un rôle si important dans l'organisme.

De ces deux propriétés du nerf moteur, celle qui se perd la première par l'action du curare, c'est l'excitabilité sous l'influence du nerf sensitif. La propriété de réagir sur le muscle pour changer son état physiologique se perd la dernière. Comment concevoir cette marche singulière des phénomènes toxiques, commençant précisément par l'extrémité nerveuse opposée à celle où se produit l'action immédiate du poison; car on sait que le curare ne peut produire son effet sur le bout central et médullaire du nerf moteur qu'à la condition d'agir d'abord sur son extrémité musculaire. Il semble qu'il y ait là quelque chose de paradoxal; et cependant le fait est positif : nous l'avons constaté de manière qu'il ne puisse plus être mis en doute, et tout ce que nous devons faire maintenant, c'est seulement de chercher à le comprendre et à nous en rendre un compte exact. Voyons donc ce que nous pourrons faire dans cette voie.

Quelques physiologistes semblent revenir aujourd'hui à l'idée d'un fluide nerveux pour expliquer les phénomènes que manifeste le système nerveux. On ne sait pas au fond ce qui se passe dans les nerfs, et ce n'est là en définitive qu'une hypothèse plus ou moins vraisemblable, destinée à faciliter l'intelligence et la coordination des faits. Mais il ne faut pas se laisser tromper par le mot fluide. Les sciences renoncent de plus en plus chaque jour aux hypothèses de fluides proprement dits, qui avaient été autrefois fort en faveur. Les fluides impondérables de la physique, lumière, chaleur, etc., ne sont plus aujourd'hui considérés que comme des mouvements vibratoires. Quand on nous parle de fluide nerveux, ce qu'il faut entendre c'est donc une vibration particulière qui se produirait dans le nerf, sous l'influence des irritants qui le font entrer en activité, et se transmettrait ensuite au muscle d'une manière quelconque.

Mais si nous voulions garder la conception d'un fluide nerveux pour expliquer l'action du curare, on pourrait se représenter le nerf moteur comme un tube, bouché à son extrémité médullaire, de manière à rester distinct et isolé du nerf sensitif, puis clos à son extrémité périphérique ou musculaire à l'aide d'un robinet fermé qui retiendrait le fluide nerveux. Si maintenant on venait à ouvrir le robinet inférieur, le fluide s'échapperait par là, mais de telle manière que l'extrémité supérieure ou médullaire du tube, la plus éloignée du robinet, se viderait cependant la première. Le curare semblerait produire quelque chose de semblable; il ouvrirait en quelque sorte le robinet inférieur du fluide nerveux propre au nerf moteur, de sorte, que l'extrémité médullaire est inactive et ne reçoit plus l'excitation réflexe du nerf sensitif, tandis que l'extrémité périphérique est encore capable d'agir sur le muscle.

Mais de quelle nature est cette action singulière du cu-

(1) Voy. les n° 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32 et 38.

Digitized by Google

rare qui épuise le nerf moteur? C'est par l'intermédiaire du sang qu'elle s'opère, car c'est le sang qui est le véhicule de l'empoisonnement par le curare, ainsi que nous vous l'avons démontré bien des fois. Il faudrait donc chercher quelle est la modification qui se produit dans le sang à l'extrémité musculaire du nerf moteur, et qui se produit si rapidement, comme elle disparaît de même très-vite, ainsi que vous avez pu le voir dans les différentes expériences faites sous vos yeux.

L'action des médicaments et des poisons, — car *poison* et *médicament*, c'est au fond une seule et même chose sauf l'intensité de l'action et la dose qui sont différentes, — cette action toxique ou médicamenteuse, dis-je, est encore fort obscure, et, si nous voulions l'expliquer, il faudrait faire ici l'exposition et la critique de toutes les théories toxiques et thérapeutiques connues dans la science, théories presque aussi nombreuses que les auteurs mêmes qui se sont occupés de ces questions, car chacun pour ainsi dire a voulu donner la sienne. C'est assez vous dire combien la question est peu avancée, et à quel point tous ces systèmes sont encore dans l'enfance.

On a admis de même des actions morbifiques de toute nature, des produits d'altérations des liquides organiques, des ferments, des miasmes, des virus, etc., etc. On avait cru d'abord devoir rapporter l'action du curare à un venin, parce que cette substance pouvait être avalée en quelque sorte impunément, tandis que, par son contact avec le sang, elle tuait rapidement. Mais nous avons vu que ce caractère des venins ne saurait être accepté comme absolu, car le venin de crapaud, qui est bien un vrai venin, tue par l'intestin comme dans le tissu cellulaire sous-cutané, et peut être cuit et extrait par l'éther ou l'alcool sans altération. Toutefois on ne saurait généraliser à tous les autres venins ce qui a lieu pour le venin de crapaud, car j'ai constaté que le venin de la salamandre est détruit par la cuisson et par d'autres agents, contrairement à ce qui arrive pour celui du crapaud. Vous voyez donc combien toutes ces questions sont difficiles, et doivent être étudiées expérimentalement dans tous leurs détails, avant qu'on puisse généraliser de l'une à l'autre.

Si maintenant nous voulons nous reporter à l'action intime des agents toxiques d'une manière générale, nous verrons qu'on ne peut se représenter que trois modes possibles d'actions. Un poison peut agir, soit par une action *chimique*, soit par une action *physique*, soit enfin par une action *vitale*, c'est-à-dire par une action encore indéterminée, car ce mot ne doit pas avoir d'autre sens pour le physiologiste.

Le curare agirait-il par une action chimique?

Nous pouvons citer un exemple très-concluant de ce mode d'action toxique: c'est celui de l'oxyde de carbone qui agit de cette façon sur les globules du sang. On sait que les globules du sang sont constitués en grande partie par une matière particulière, l'*hémato-globuline*, qui est susceptible d'absorber et d'exhaler successivement des quantités diverses d'oxygène et d'acide carbonique, et qui sert ainsi de véhicule à l'oxygène de l'air pour aller servir à la respiration des tissus vivants. Or l'oxyde de carbone forme avec l'hémato-globuline une combinaison définie fort stable, qui momifie en quelque sorte les globules du sang, et les rend impropres à l'accomplissement de leur fonction respiratoire. Cette combinaison particulière a été isolée récemment en Allemagne, par M. Hope-Seyler, de sorte que la démonstration est désormais aussi complète que possible.

Dans ce cas l'action toxique se ramène donc en dernière analyse à un phénomène chimique. En est-il de même du curare; et ce poison agirait-il aussi chimiquement? Cela ne nous paraît point probable, car on ne comprendrait guère comment une combinaison chimique pourrait se défaire aussi facilement que le supposerait la rapidité du désempoisonnement du nerf moteur frappé par le curare. Nous avons vu, en effet, qu'il suffit de laver le nerf moteur empoisonné, ou plutôt son extrémité musculaire, avec du sang neuf et pur pour que les propriétés du nerf renaissent aussitôt. S'il s'était formé une combinaison chimique particulière sous l'influence du curare, il serait bien difficile de comprendre comment, en aussi peu de temps, elle pourrait se détruire pour faire place à une autre et ses effets physiologiques disparaître aussi complétement.

Mais ici se place une autre question. Est-ce le nerf moteur lui-même qui est atteint par le curare, ou ne serait-ce pas simplement le sang qui serait modifié sous l'influence de ce poison? Cette seconde supposition n'a rien de contraire à tous les faits qui vous ont été exposés jusqu'ici relativement aux effets du curare; car, le nerf puisant ses propriétés dans le sang qui lui fournit son milieu vital et les éléments de sa nutrition, on doit arriver, en altérant le sang, au même résultat qu'en altérant directement le nerf. Pour notre part, nous sommes plutôt porté à croire que c'est sur le sang que se produit l'action propre et immédiate du curare. En effet, le nerf moteur meurt par le curare absolument comme par défaut de sang; seulement le phénomène est beaucoup plus rapide, et cela se comprend facilement, car même après l'hémorrhagie la plus complète, il reste encore un peu de sang dans les petits vaisseaux capillaires qui s'insinuent à travers les tissus; le curare, au contraire, supprime le sang complétement et d'une manière absolue au point de vue du nerf moteur et de sa nutrition, et il le supprime jusque dans les dernières ramifications du système vasculaire.

En partant de cette hypothèse que le curare agirait primitivement sur le sang, on en tire immédiatement des conséquences fort curieuses et très-intéressantes pour le physiologiste. Cela prouverait d'abord que le sang ne se comporterait pas, pour la nutrition ou l'ex-

Digitized by Google

citation du nerf sensitif, de la même manière que pour la nutrition du nerf moteur, et qu'il mettrait en jeu dans ces deux cas des propriétés différentes. Ceci est très-important; car il en résulterait non-seulement qu'un sang empoisonné pour un nerf serait normal pour un muscle, mais que le sang toxique pour un nerf d'une certaine espèce ne le serait pas pour un nerf d'une autre espèce.

Mais comment le curare pourrait-il agir sur le sang? modifierait-il, par exemple, un des éléments de ce liquide de manière à changer ses propriétés, ou amènerait-il la formation d'un élément nouveau? On peut faire toutes ces hypothèses à propos de l'action d'un poison ou d'un médicament.

Nous avons donc le choix entre bien des hypothèses relativement à l'action du curare; mais il est très-difficile d'en apprécier la valeur. Admet-on, par exemple, que le curare altérerait un des éléments du sang? il faudra se demander alors quel est cet élément : est-ce la fibrine, l'albumine, ou tout autre? Des analyses chimiques du sang curaré seraient donc nécessaires, pour répondre à cette question; mais elles seraient sans doute extrêmement délicates, et peut-être impossibles dans l'état actuel de la science. Préfère-t-on supposer que le curare paralyse l'action d'un des éléments du sang; il ne sera pas plus facile de déterminer lequel. Nous savons cependant que ce ne pourrait pas être les globules du sang, car ceux-ci paraissent conserver toutes leurs propriétés dans le sang infecté de curare; ils remplissent en effet leurs fonctions ordinaires et prennent leur coloration rouge dès qu'on pratique la la respiration artificielle de manière à leur permettre de renouveler l'oxygène dans l'organisme, ce qui indique, nous pouvons le dire en passant, — que l'action du curare sur le nerf moteur n'est pas une asphyxie par défaut d'oxygène. Nous savons du reste que l'asphyxie d'un animal ne tue pas instantanément le nerf moteur, comme le fait l'action du curare.

Ce qui ressort de ces considérations, c'est que, dans l'état actuel de la science, nous ne comprenons pas du tout comment le curare pourrait produire une modification chimique à l'extrémité du nerf moteur, ni de quelle nature pourrait être cette action chimique.

Depuis la dernière leçon, nous avons fait quelques expériences relativement à la question de savoir si le nerf moteur soumis à l'influence toxique du curare est réellement mort sous cette influence, et quelle espèce de lavage est nécessaire à l'extrémité musculaire du nerf moteur pour rendre à ce nerf ses propriétés normales. Cette double question est certainement très-importante en elle-même; et elle est de plus fort intéressante au point de vue de la recherche de la nature intime de l'action toxique produite par le curare.

Lorsqu'un animal vient de mourir, — surtout si c'est sous l'influence d'une cause violente, rapide, et non d'un affaiblissement lent, — on peut, en irritant de suite un de ses nerfs moteurs avec un irritant artificiel, comme l'électricité, qui remplace les excitants normaux ou physiologiques, on peut, dis-je, obtenir une réaction de ce nerf sur le muscle; et en irritant le nerf sensitif, on obtient de même une réaction sur le nerf moteur, c'est-à-dire un mouvement réflexe. C'est ainsi que les choses se passent dans les premiers instants qui suivent la mort de l'animal, et il est évident que jusque-là le nerf moteur est encore vivant.

Mais il arrive un moment où non-seulement le nerf sensitif n'excite plus le nerf moteur, mais où l'électricité portée directement sur le nerf moteur ne détermine plus de contraction dans le muscle, et à ce moment on croyait que le nerf moteur était bien mort, et que cette inexcitabilité du nerf moteur à l'électricité était le caractère même de la mort nerveuse définitive. On serait peut-être forcé aujourd'hui d'admettre qu'il n'en est pas toujours ainsi, car des expériences dans ce sens ont été faites, soit sur des animaux, soit sur l'homme lui-même, à la suite de certaines altérations pathologiques, dans lesquelles le nerf était inexcitable à l'électricité et était cependant actif sous l'influence volontaire. Des expériences sur des poisons nouveaux que nous étudions en ce moment ont semblé nous montrer qu'il pouvait en être de même dans certaines intoxications.

Nous étions d'abord nous-même resté en doute au sujet des résultats de ces expériences; mais si les expériences se reproduisent nous sommes forcé de les accepter, sauf à en chercher ensuite l'explication. Ces faits singuliers, avons-nous dit, ont été obtenus sur l'homme, notamment dans des paralysies saturnines, et c'est au moment où la paralysie va se guérir que le malade commencerait à mouvoir volontairement ses muscles avant que l'électricité puisse agir sur eux. Des expériences du même genre, quant aux résultats, ont été répétées sur des animaux, et particulièrement sur des grenouilles.

Un nerf moteur pourrait donc être vivant bien qu'il ne réagît pas sous l'influence de l'irritation électrique; et, par suite, on peut se demander si les nerfs moteurs empoisonnés par le curare ne seraient pas encore vivants bien qu'ils ne fussent plus irritables par l'électricité. Pour notre part, nous croyons que le nerf moteur ainsi empoisonné est véritablement mort physiologiquement, car l'animal ne peut plus mouvoir ses membres, ni par action réflexe ni par la volonté, bien que ces influences s'exercent sur des membres préservés de l'action toxique, ce qui prouve que la volonté de l'animal est encore active, mais que le nerf empoisonné ne l'est plus.

Le nerf meurt comme par hémorrhagie, avons-nous dit. Toutefois, la rapidité de la résurrection de ses propriétés, sous l'influence d'un lavage convenable avec du sang non infecté, aurait pu inspirer des doutes; nous

Digitized by Google

avons donc institué des expériences pour étudier la question.

Remarquons d'abord que dans la mort physiologique, c'est-à-dire dans la mort par privation de sang ou par hémorrhagie, une injection de sérum ne suffit pas pour faire renaître les propriétés nerveuses. Mais, quand les nerfs d'un membre ont perdu leurs propriétés vitales à la suite d'une soustraction du sang, ils recouvrent ces propriétés quand on leur rend du sang normal avec des globules, même sans y joindre la fibrine; ce qui prouve que le sérum est inapte à révivifier les éléments histologiques. Nous avons répété les mêmes transfusions sur des grenouilles empoisonnées par le curare, et nous avons vu que les propriétés des nerfs moteurs renaissaient dans la patte empoisonnée quand on lui rendait du sang complet avec globules; mais, quand nous avons injecté du sérum de sang pur, elles ne sont pas revenues. Il est vrai que nous avons fait ces expériences avec du sérum de stries; — nous répéterons de nouveau ces expériences qui sont très-intéressantes. S'il se trouvait que du sérum non infecté de curare suffît pour faire renaître, par son contact avec l'extrémité musculaire du nerf moteur empoisonné, les propriétés disparues de ce nerf, ce serait un argument en faveur de ceux qui soutiennent que le nerf n'était pas mort : car, à l'état physiologique, une simple injection de sérum est incapable de ressusciter les propriétés d'un nerf qui est mort. Mais jusqu'ici nous avons constaté, en opérant sur des grenouilles, que le sérum tout seul ne suffisait pas, et si nous obtenons les mêmes résultats en opérant sur des chiens, ce sera un argument de plus pour prouver que le nerf moteur empoisonné par le curare était bien réellement mort.

Une autre question à examiner, ce serait celle de savoir si les propriétés électro-toniques du nerf moteur survivent à son empoisonnement par le curare. M. Pélikan, M. Fünke et d'autres ont constaté que cette propriété persiste dans l'empoisonnement par le curare et ils avaient même invoqué cette expérience comme un argument prouvant que l'extrémité périphérique du nerf était seule altérée, tandis que son tronc serait resté sain. Nous avons plus tard l'intention de reprendre ces expériences en n'agissant pas sur le tronc du nerf mixte, mais sur une seule racine, sur la racine antérieure qui est seule empoisonnée par le curare : nous savons en effet que le curare ne détruit pas les propriétés physiologiques du nerf sensitif.

L'action toxique du curare aurait-elle quelque rapport avec les propriétés électriques du nerf? le curare donnerait-il au sang des propriétés de conductibilité spéciales qui épuiseraient ou dévieraient l'électricité nerveuse? L'altération du nerf moteur sous l'influence du curare semblerait en effet se rapporter beaucoup plus à une action physique qu'à une action chimique. Mais se produit-il là une modification électrique quelconque? C'est ce que nous ne savons pas. Nous avons cependant constaté que le sérum contenant du curare en dissolution est bien meilleur conducteur pour l'électricité que le sérum pur. Mais ce fait, — toujours bon à noter comme fait empirique, — ne peut pas servir de base à une théorie ni à une hypothèse directrice pour tenter des expériences nouvelles.

Il faut remarquer d'ailleurs que les courants électro-toniques des nerfs, et même les courants électriques des muscles sont en rapport dans leur intensité avec l'activité des organes et la vigueur des phénomènes nutritifs ou physico-chimiques. Or le curare agit plus facilement sur un animal vigoureux que sur un animal affaibli. Voici deux lapins qui représentent ces deux cas, et vous voyez que la même dose du même curare empoisonne le lapin vigoureux, tandis que le lapin affaibli y paraît à peine sensible. C'est là un fait très-intéressant, et auquel il est souvent bon de penser dans les expériences physiologiques, car il nous est arrivé à nous-même, en répétant des expériences devant une commission, d'être fort embarrassé par la résistance singulière qu'offraient à l'action du curare des grenouilles affaiblies par un séjour de trois ou quatre mois dans le laboratoire. Ce fait est d'autant plus important à noter que pour d'autres poisons, il faut admettre une règle qui est précisément le contraire de celle-là; sous l'influence de ces agents toxiques un animal affaibli succombe plus vite qu'un animal vigoureux.

En définitive, l'action intime du curare, le mécanisme par lequel il frappe le nerf moteur ne peut s'expliquer, au moins pour le moment, par aucune des considérations précédentes.

Bichat distinguait la mort par le cœur, la mort par le poumon et la mort par le cerveau. Aujourd'hui on va beaucoup plus loin, et le progrès de la science nous conduit à chercher une action sur un élément histologique au lieu de s'arrêter à une action sur un organe. Il se produit dans l'intimité même des tissus vivants, des phénomènes physiques ou chimiques dont la connaissance devra rendre compte de l'action physiologique ou toxique observée. Mais il n'y a encore jusqu'ici que bien peu de substances pour lesquelles on en soit arrivé là; l'oxyde de carbone est même le seul poison dont on puisse dire d'une manière absolue que son action physiologique a été réduite élémentairement à un phénomène physico-chimique déterminé. Or, ne l'oublions pas, c'est là seulement qu'est la solution du problème physiologique, pathologique et thérapeutique, car il s'agit toujours de déterminer les phénomènes physico-chimiques intimes et ultimes qui donnent lieu à l'action physiologique ou pathologique, pour chercher ensuite à combattre ces phénomènes en en faisant naître d'autres qui arrêtent leur développement.

En résumé, l'action physiologique du curare ne s'explique pas d'une manière satisfaisante par l'hypothèse d'une modification du sang, car nous ne pouvons pas

Digitized by Google

trouver cette modification supposée. D'un autre côté, le nerf moteur empoisonné par le curare est bien réellement mort. Il ne nous reste donc plus qu'à constater les rapports de l'action du curare avec les autres conditions de l'activité vitale, nous vous en parlerons dans la prochaine séance et nous ferons auparavant, pour apprécier la valeur de nos dernières hypothèses, quelques expériences nouvelles dont nous vous rendrons compte en même temps.

## XXXVIII (FIN DU COURS).

**Circonstances favorables ou contraires à l'action du curare et d'autres substances toxiques. — Conclusion générale du cours.**

En terminant la dernière leçon, nous avons exécuté sous vos yeux une expérience comparative relativement à l'action du curare sur les animaux affaiblis et sur les animaux vigoureux ; et nous avons vu que le curare agit plus facilement et avec plus d'intensité chez les premiers que chez les seconds. Nous avons encore constaté hier le même résultat en opérant sur un animal affaibli au moyen de saignées successives, ce qui est évidemment une circonstance favorable à la rapidité et à l'intensité de l'empoisonnement en général, puisqu'elle rétrécit le champ d'action du poison, en diminuant la quantité de sang à laquelle il s'agit de communiquer les propriétés toxiques. Or, l'animal ainsi affaibli résista encore plus longtemps qu'un animal vigoureux comparable, à la même dose du même curare, et les effets produits sur lui restèrent beaucoup moins énergiques. Donc, en ce qui concerne le curare, la soustraction du sang diminue l'aptitude à l'empoisonnement, probablement en modifiant la sensibilité du nerf moteur à l'action toxique.

Cette question que nous examinons ici au point de vue spécial du curare pourrait, comme toutes les questions particulières, devenir une question générale. Les médecins disent souvent qu'il faut distinguer l'action d'un médicament sur l'homme sain, de celle qui se produit sur l'homme malade. Et, en effet, il y a en général des différences ; mais ce qu'il importe de dire ici, c'est que ces différences tiennent à des conditions *physiologiques* nouvelles qui ont pris naissance par suite d'altérations pathologiques ou autres. Ainsi, toutes les circonstances qui diminuent la sensibilité d'un animal à l'action du curare sont précisément celles qui débilitent ou engourdissent le système nerveux moteur. On sait, en effet, que la sensibilité des animaux à l'action toxique du curare peut varier ; ainsi un animal à sang chaud est plus facilement empoisonné par cette substance qu'un animal à sang froid ; un oiseau, par exemple, peut succomber sous l'influence d'une dose qui resterait sans effet notable sur une grenouille, et nous parlons ici d'un oiseau, parce que les petits oiseaux qui servent pour ces sortes d'expériences ont à peu près la même grosseur qu'une grenouille.

Certaines modifications du système nerveux rendent l'action du curare moins énergique. C'est ainsi que chez des grenouilles dont le cerveau a été lésé ou enlevé, l'empoisonnement devient plus difficile.

De même aussi certains états pathologiques particuliers du système nerveux rendent, dit-on, ce système complétement insensible à l'action de certaines substances toxiques ou médicamenteuses très-actives dans les conditions ordinaires. Dans le tétanos, dans la rage, dit-on, l'opium ne produit pas son action sur le système nerveux. Il serait curieux de chercher à quoi peut tenir cette absence d'action de substances très-énergiques dans l'état normal. Nous pouvons dire à priori qu'elles dérivent sans aucun doute de causes physiologiques nouvelles; mais nous ne savons pas lesquelles.

Une question intéressante qui se rattache à notre sujet, c'est celle de savoir si deux substances qu'on administre en même temps à un malade dans un médicament composé, ne se contrarient pas l'une l'autre et n'empêchent pas réciproquement les effets de chacune d'elles de se produire. Nous avons déjà dit que nous ne comprenions l'antagonisme physiologique entre deux substances; que parce que l'une de ces substances créait des conditions physiologiques nouvelles au milieu desquelles l'autre substance ne pouvait plus produire ses effets ordinaires. C'est ainsi qu'en étudiant récemment ici même l'antagonisme prétendu du curare et de la strychnine (1), nous avons montré que tout le phénomène se réduisait en réalité à une action diurétique du curare dont nous avons expliqué le mécanisme, action que toute autre substance diurétique produirait sans doute également, quoique cela pût être par un mécanisme physiologique différent.

Nous avons déjà traité ici l'année dernière des moyens très-utiles employés pour endormir les animaux pendant les vivisections, en les soumettant à l'influence d'une substance soporifique, comme la morphine par exemple : les opérations deviennent ainsi bien plus faciles. Voici, par exemple, un chien de taille moyenne qui a reçu cinq centigrammes de morphine sous la peau : vous voyez que s'il n'est pas devenu tout à fait insensible, au moins est-il tombé dans un état de torpeur qui fait qu'il ne bouge plus de manière à gêner l'opérateur.

Or, en donnant hier du curare à un animal placé de cette façon sous l'influence de la morphine, nous avons eu beaucoup de peine à l'empoisonner, et nous n'y sommes même parvenu qu'en lui administrant une seconde dose de poison relativement assez forte. Mais cet animal avait en outre subi, une perte de sang assez notable, circonstance qui rend plus difficile l'empoisonnement par le curare, ainsi que nous l'avons dit précédemment, et, pour éclaircir la question, nous allons séparer ces deux causes possibles en opérant sur un ani-

(1) Voyez les leçons XXXIX et XXX dans le n° 28.

Digitized by Google

mal soumis à l'influence de la morphine, mais qui n'a subi aucune perte de sang.

Il ne faudrait pas croire, en effet, qu'il suffise de connaître l'action physiologique isolée d'une substance pour l'employer ensuite d'une manière sûre dans toutes les circonstances vitales. Ce serait là un problème trop simplifié; mais en réalité ce problème est bien plus compliqué, car, lorsqu'on a déterminé l'action propre d'une substance, il faut encore, avant de pouvoir l'introduire utilement dans la thérapeutique, étudier toutes les circonstances physiologiques, normales ou anormales, souvent très-nombreuses qui peuvent favoriser ou contrarier cette action. Il faut aussi étudier l'association des actions toxiques diverses.

Voici un lapin qui est soumis à l'influence de l'opium dont le principe actif dominant est, comme vous le savez, la morphine; il a reçu la même dose de curare qui, dans la séance dernière, l'avait paralysé assez vite, et vous voyez cependant qu'il n'éprouve plus cette fois les mêmes effets, grâce à la stupéfaction dans laquelle l'a plongé l'influence de l'opium. Mais ce n'est pas à dire pour cela qu'il y ait d'antagonisme proprement dit entre l'opium ou plutôt la morphine et le curare. Tout ce qu'a pu faire la morphine dans cette expérience, c'est de diminuer l'irritabilité du nerf moteur et de transformer en quelque sorte notre lapin en un animal à sang froid, au moins pour le temps que dure son action. Or, vous savez que, toutes choses égales d'ailleurs, un animal à sang froid résiste plus facilement aux influences toxiques qu'un animal à sang chaud.

Les médecins allient souvent dans des potions plusieurs substances différentes pour additionner ou combiner leurs effets. On est souvent bien exposé à se tromper dans de pareils calculs. Un exemple va vous le montrer. Le curare pourrait être considéré comme un calmant propre à combattre le développement des maladies convulsives; et il ne serait pas déraisonnable à priori d'y ajouter un autre calmant, l'opium, par exemple, pour compléter l'action du curare. L'expérience que nous venons de faire sur ce lapin montrerait cependant qu'on se tromperait, car on aurait un résultat opposé à celui qu'on voulait obtenir; on diminuerait notablement l'action calmante du curare au lieu de l'augmenter. Mais, nous ne saurions trop le répéter, il n'y a point là d'antagonisme; ce sont tout simplement des conditions physiologiques nouvelles qui diminuent l'intensité de l'action du curare, et l'on pourrait sans doute encore produire ces conditions d'une autre manière.

L'alcool produit également sur le système nerveux des effets de torpeur particuliers; il diminue son irritabilité, et par suite le rend moins facilement intoxicable. On dit que les nègres boivent de l'alcool pour se prémunir contre les effets de la piqûre des serpents venimeux. Il a paru en effet dans certains cas, que les individus pris d'ivresse étaient moins exposés que les autres à l'action de certaines influences toxiques ou morbides.

Les expériences que nous avons faites dans des conditions et sous des influences différentes, nous mènent donc à cette conclusion qui peut paraître singulière, mais qui n'en est pas moins vraie : on est d'autant plus facilement empoisonné par certaines substances toxiques, et notamment par le curare, qu'on est plus vivant au moment où l'on subit l'influence du poison. Ainsi, plus l'animal sur lequel on opère est élevé dans l'échelle zoologique, et plus il sera sensible à l'action du curare; entre animaux semblables ou analogues, le mieux portant, celui qui possède les nerfs moteurs les plus vigoureux, sera frappé le premier et avec la plus grande intensité.

Pour se faire une idée exacte de toutes ces actions, il faut bien comprendre que le sang n'est pas autre chose qu'un milieu dans lequel vivent tous les éléments histologiques, milieu qui peut se vicier progressivement sous l'influence de certaines circonstances, de manière à devenir impropre à entretenir la vie des éléments qu'il baigne et à leur fournir les aliments indispensables pour leur nutrition.

Il en est de même de l'air atmosphérique qui sert de milieu à l'organisme tout entier, au lieu d'être le milieu spécial des éléments. L'air peut aussi se vicier sous des influences diverses; mais on s'habitue peu à peu à cette viciation pourvu qu'elle ne dépasse pas une certaine limite.

Nous avons fait autrefois, ici même, une expérience qui met cette vérité en évidence. Un moineau fut placé dans une cloche formant autour de lui une atmosphère limitée qui se viciait peu à peu sous l'influence même de sa respiration. Quand l'expérience fut arrivée à un certain point, le moineau était sans doute gêné, mais enfin il supportait cette atmosphère viciée et respirait toujours. Alors, on introduisit dans la cloche un second moineau, neuf et sain : il mourut presque aussitôt sous l'influence de cette atmosphère viciée que le premier moineau toléra encore pendant assez longtemps avant d'expirer. C'est que ce moineau s'était en quelque sorte adapté progressivement à ce milieu qui se viciait lentement de plus en plus, et il s'était transformé sous cette influence en une sorte d'animal à sang froid, beaucoup moins sensible aux influences délétères. MM. Regnault et Reiset ont également constaté ce fait dans leurs expériences sur la respiration des marmottes pendant l'hibernation. En effet, une des marmottes sur lesquelles ils opéraient s'étant subitement réveillée, elle mourut presque instantanément dans le milieu confiné où les autres marmottes restées à l'état d'hibernation continuaient parfaitement à vivre. L'explication est tout à fait la même que dans le cas précédent.

Enfin, des observations du même genre ont été faites sur l'homme par suite de certains accidents. Ainsi, deux jeunes filles placées dans une même chambre furent exposées à l'influence des vapeurs de charbon qui se produisaient dans la pièce. L'une de ces jeunes filles était

Digitized by Google

alitée et malade de la fièvre typhoïde : elle ne fut pas empoisonnée. L'autre, au contraire, qui était bien portante et soignait la première, succomba sous l'influence de la vapeur de charbon. Ce résultat s'explique encore de la même manière. En effet, la jeune fille malade était en quelque sorte descendue dans l'échelle organique, et ses tissus étaient moins faciles à atteindre par les agents toxiques que des tissus sains et pleins de vitalité.

Remarquons cependant en terminant qu'un état d'affaiblissement plus ou moins considérable n'est pas une cause d'immunité contre l'action de tous les poisons. Il y a au contraire des poisons qui agissent plus facilement sur les animaux affaiblis que sur les animaux vigoureux. On n'a pas encore déterminé exactement tous les poisons qui étaient dans ce cas; mais on peut dire d'une manière générale que ce sont surtout les substances septiques. Le sommeil agit aussi en diminuant l'irritabilité du système nerveux, et l'on a dit que les gens endormis étaient moins exposés à subir l'influence des émanations miasmatiques.

Nous aurions sans doute pu consacrer à l'étude du curare un nombre de leçons moins considérables; mais vous pourrez voir que ce temps n'a pas été employé inutilement, quoique consacré tout entier à un sujet qui paraît aussi restreint. Nous avons voulu vous montrer qu'on doit pousser chaque sujet de recherches aussi loin que possible, pour en tirer tout ce qu'il peut rendre dans l'état actuel de la science. Mais ce n'est pas à dire pour cela que tout soit fini, et que le sujet soit épuisé lorsque nous sommes forcés de nous arrêter. Les progrès de la science sur les autres points éclaireront celui-là d'un jour nouveau, et l'on pourra ainsi plus tard reprendre encore cette question avec succès, malgré les travaux antérieurs.

C'est là une vérité dont les savants ne sont pas toujours assez pénétrés. En général, on ne prend pas goût aux questions qui paraissent déjà plus ou moins étudiées, et l'on préfère chercher des sujets nouveaux dont on puisse dire qu'on est les premiers à s'occuper. C'est là en partie un résultat de la vanité scientifique, résultat bien regrettable, car il dissémine les efforts des savants et retarde ainsi les progrès de la science en laissant longtemps les questions scientifiques dans un état de demi-solution d'où elles ne sortent plus. Or, il ne faut pas oublier qu'une question scientifique amenée à un certain point, aussi avancé que possible dans l'état actuel de la science, peut toujours être reprise utilement et faire de nouveaux progrès vers une solution complète, quand la science s'est elle-même perfectionnée sur d'autres points, s'est agrandie et enrichie de nouveaux moyens d'étude. Vous allez comprendre quelle en est la raison.

Ce ne sont pas les philosophes qui peuvent nous donner des règles d'expérimentation; ces règles se dévoilent d'elles-mêmes à l'esprit humain, chez l'homme qui travaille à scruter les phénomènes de la nature. D'ailleurs la méthode expérimentale est maintenant non-seulement bien connue mais encore appliquée depuis longtemps, car il y a déjà bien des siècles qu'on fait des expériences même en matière de physiologie. Les traités d'expérimentation ne pourront que suivre les expérimentateurs et ne les auront pas engendrés, absolument comme les rhétoriques ont suivi les grands orateurs et les poétiques les grands poëtes. En posant des règles d'expérimentation devant vous, nous n'aurons donc rien inventé de nouveau, nous n'aurons fait qu'observer et traduire en formules la manière d'agir que nous croyons la meilleure.

Mais la science expérimentale a surtout besoin de moyens de recherches. Il lui faut des instruments pour ses travaux, de nouveaux procédés d'étude. Lorsqu'on fait des expériences nouvelles, c'est presque toujours parce qu'on a découvert des moyens d'investigation inconnus jusque-là et qui les rendent seuls possibles. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, si nous avons pu exécuter autrefois nos recherches sur la production du sucre chez les animaux, c'est parce qu'on venait de trouver en chimie des réactifs propres à déceler la présence de très-faibles quantités de sucre dans des liquides animaux ou autres. Les recherches que nous avons faites alors auraient été complétement impossibles auparavant.

Nous avons donc poussé la recherche de l'action intime du curare aussi loin que le permettent nos moyens actuels d'investigation. Mais cette recherche n'est pas encore arrivée à la limite de nos connaissances, ou plutôt à la limite de ce que nous devons et pouvons espérer. Plus tard, de nouveaux travaux feront donc encore avancer la question pour la mener enfin à ce qu'on doit regarder en matière de science comme une solution définitive. Nous allons vous faire comprendre en quelques mots ce que nous entendons par là.

Il est évident que les êtres vivants ont en eux quelque chose de particulier qui ne se trouve pas dans les corps bruts. Nous ne devons pas chercher à pénétrer dans le mystère de la cause première de la vie, et sa nature est sans doute destinée à nous rester toujours inconnue. Mais, en revanche, nous pouvons connaître les phénomènes qu'elle manifeste, et le but de la science est de rattacher ces phénomènes à leurs causes immédiates d'existence.

Quand nous arrivons à déterminer au fond d'une action physiologique un phénomène physique ou chimique bien défini, nous avons atteint les limites de la science. Tant que nous ne pourrons pas en arriver là, nous dirons que nous avons affaire à une action vitale. Mais cela prouve seulement qu'il reste encore quelque chose d'indéfini dans ces phénomènes. Lorsque nous connaîtrons bien la nature intime de toutes les manifestations vitales, elles se réduiront à des phénomènes physico-chimiques qui les expliqueront aussi complétement que la science peut expliquer quelque chose. L'oxyde de carbone,

Digitized by Google

dont nous vous avons dit quelques mots dans la dernière séance, est jusqu'à présent le cas le plus satisfaisant d'une explication de ce genre.

Il faudrait arriver à définir de même l'action intime du curare. Jusqu'ici, nous l'avons au moins parfaitement localisée à l'extrémité musculaire du nerf moteur, et nous savons maintenant que c'est en cet endroit qu'il faut chercher la solution de la question. Mais que se produit-il là? Nous avons dit que nous ne croyons pas que ce soit une action chimique, car un simple lavage de l'extrémité du nerf moteur avec du sang normal suffit pour faire disparaître aussitôt les effets de l'empoisonnement. Il ne se passe donc point là un phénomène constant et durable; et il semble plutôt que ce soit une action physique. Mais quelle est cette action physique? Voilà ce que nous ne pouvons dire pour le moment, parce que les moyens d'investigation nous manquent pour le définir. Il semble qu'on pourrait en quelque sorte comparer ce qui se passe dans cet endroit à la rupture d'un fil qui interromprait une communication ou un courant électrique. Au fond de l'action du curare, il y a la grosse question de la nature du fluide nerveux et de l'influence du nerf sur le muscle.

La recherche de l'action intime du curare fournira sans doute pour ces études de nouveaux instruments de progrès, et l'on parviendra peut-être ainsi à résoudre d'une manière tout à fait satisfaisante ces questions qui présentent un si haut intérêt pour la physiologie et pour la médecine.

Ces considérations termineront les recherches que nous avions entreprises sur le curare. Notre sujet est épuisé et notre cours se trouve fini pour cette année.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE.

#### Acide hypoazotique.

L'acide hypoazotique dont nous allons nous occuper aujourd'hui a été découvert en même temps que l'acide azotique; mais sa véritable nature et ses propriétés ne sont bien connues que depuis les recherches de Dulong et de Gay-Lussac. On lui donne souvent le nom de vapeur nitreuse d'hypoazotide. C'est un liquide qui se solidifie à — 9°; il est d'un brun jaunâtre; il bout à 22°; il est dangereux à respirer; il jaunit fortement la peau et la corrode; il ne se décompose qu'au rouge. Ce n'est du reste pas un acide distinct, car il se détruit dès qu'on le met en contact avec les bases ou avec l'eau. Avec les bases, la potasse, par exemple, il se change en azotate et azotite, comme l'exprime la réaction suivante :

$$2AzO^4 + 2KO = KO,AzO^5 + KO,AzO^3.$$

Avec l'eau, les produits varient suivant la quantité de ce liquide. Si l'on emploie une petite quantité d'eau très-froide, et qu'on opère lentement le mélange, on obtient deux couches liquides superposées; celle du fond est bleue; on admet que c'est de l'acide azoteux; la couche supérieure est verdâtre : elle est constituée par de l'acide azotique, tenant en dissolution un peu de bioxyde d'azote. Augmentons-nous la proportion d'eau? l'acide azoteux se détruit, car la couche bleue disparaît. Il se dégage alors du bioxyde d'azote et il ne reste dans la liqueur que de l'acide azotique hydraté.

$$3AzO^3 = AzO^5 + 2AzO^2.$$

De telle sorte qu'un excès d'eau transforme l'acide hypoazotique en bioxyde d'azote et en acide azotique.

$$3AzO^4 + nAq = 2(AzO^5)\,nAq + AzO^2.$$

L'acide hypoazotique, chauffé en présence d'un métal facilement oxydable, tel que le cuivre, se décompose en oxygène qui est retenu par le métal et en azote qui se dégage à l'état de liberté. C'est même sur cette réaction qu'est basée l'analyse de l'acide hypoazotique.

Il suffit, en effet, de faire passer sa vapeur dans un tube de verre, entouré de clinquant et rempli de cuivre métallique; l'azote recueilli peut être mesuré en volume; l'oxygène est donné par l'augmentation de poids du tube renfermant le cuivre; il peut encore s'obtenir par différence entre le poids de l'acide employé et le poids de l'azote recueilli.

Si l'on rapporte la composition de cet acide à 14 d'azote, équivalent de ce corps simple, on trouve que ces 14 sont unis à 32 d'oxygène. La formule la plus simple est donc $AzO^4$. La considération des densités vérifie, du reste, les résultats de l'analyse précédente. En effet, si à la densité de l'oxygène 1,10563, on ajoute la demi-densité de l'azote 0,48565, la somme 1,59128 s'approche beaucoup de la densité de l'acide hypoazotique donnée par l'expérience; un volume de cet acide contient donc un volume d'oxygène et un demi-volume d'azote.

*Préparation de l'acide hypoazotique.* — On prépare ordinairement l'acide hypoazotique dans les laboratoires, en chauffant jusqu'au rouge de l'azotate de plomb, préalablement bien desséché; les produits de la décomposition sont de l'oxyde de plomb et de l'acide hypoazotique, comme l'indique l'équation suivante :

$$PbO,AzO^5 = AzO^4 + PbO + O.$$

Pour opérer, on introduit l'azotate de potasse dans une cornue de verre lutée, ou dans une cornue de grès, communiquant avec un récipient de verre entouré d'un mélange réfrigérant; c'est dans ce récipient que l'acide vient se condenser sous la forme d'un liquide jaune. En opérant ainsi, il est presque impossible, ainsi que l'a constaté M. Péligot, d'obtenir de l'acide hypoazotique complétement anhydre; en effet, l'acide ainsi obtenu est toujours liquide et ne peut jamais cristalliser à — 9 degrés, comme le fait l'acide anhydre.

Pour obtenir l'acide hypoazotique entièrement pur, il faut, d'après M. Peligot, faire rendre dans un récipient entouré d'un mélange réfrigérant de l'oxygène et du bioxyde d'azote, desséchés complétement au moyen de tubes contenant des fragments de potasse et d'acide phosphorique anhydre; les proportions doivent être deux volumes de bioxyde d'azote pour un volume d'oxygène. On voit alors se déposer dans le récipient des prismes transparents d'acide hypoazotique; la moindre trace d'humidité les fait disparaître instantanément.

Ajoutons cependant qu'en raison de l'appareil qu'elle exige et de la difficulté qu'elle présente, cette opération est rare-

(1) Voy. les nos 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'*eau*), 23, 28, 31 (conférence de M. Riche, sur l'*air*) et 36.

Digitized by Google

ment employée, et l'on préfère le premier mode de préparation.

### Acide azoteux.

Nous avons vu déjà que dans certaines circonstances particulières on obtient, en même temps que de l'acide hypoazotique, un liquide bleu qui est en grande partie formé d'acide azoteux. Pour l'obtenir à un plus grand état de pureté, on fait arriver dans un tube refroidi, un mélange de quatre volumes de bioxyde d'azote et de un volume d'oxygène. Il s'en forme aussi quand on attaque l'amidon et un grand nombre de substances organiques par l'acide azotique.

L'acide azoteux est un liquide d'une couleur indigo foncée. Il bout à — 10 degrés, et se décompose à la distillation.

Il se combine avec les bases pour former des azotites; l'existence de ces sels est moins éphémère que celle de l'acide azoteux. Pour obtenir l'azotite de potasse, par exemple, on chauffe l'azotate de potasse, jusqu'au moment où il dégage des bulles d'oxygène, et en soutenant cette température tant que le dégagement continue. On obtient alors un mélange d'azotate et d'azotite de potasse, et on le traite par l'alcool qui dissout l'azotite.

La composition de l'acide azoteux se détermine par la calcination d'un poids déterminé d'azotite d'argent, sel anhydre que l'on obtient par double décomposition entre l'azotate d'argent et l'azotite de potasse. On trouve ainsi que l'acide azoteux doit être représenté par la formule $AzO^3$.

### Bioxyde d'azote.

Le bioxyde d'azote, déjà entrevu par Hales, a été découvert par Priestley; Davy et Gay-Lussac en firent ensuite une étude plus approfondie.

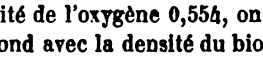
C'est un gaz incolore, peu soluble dans l'eau qui n'en dissout que le vingtième de son volume. Nous ne connaissons ni son odeur ni sa saveur; en effet, lorsque nous voulons le sentir ou le goûter, nous sommes obligés de le mettre en contact avec l'air, et ce seul contact suffit pour le transformer immédiatement en acide hypoazotique.

De là apparition de vapeurs rutilantes, d'un jaune orangé, propriété qui permet de distinguer sur-le-champ le bioxyde d'azote de tous les autres gaz. Priestley, qui découvrit cette avidité que le bioxyde d'azote possède pour l'oyygène, en tira de suite parti pour enlever ce gaz aux mélanges gazeux qu'il étudiait. Avant de la connaître, il absorbait l'oxygène au moyen de petits animaux, qu'il abandonnait dans le mélange jusqu'à cessation de la vie.

Puisque le bioxyde d'azote a une si grande tendance à s'emparer de l'oxygène, on ne doit pas s'attendre à ce qu'il abandonne facilement celui qu'il contient. En effet, il est impropre à la respiration et à la combustion; un morceau de soufre embrasé s'y éteint, et le charbon ne continue à y brûler que s'il est fortement incandescent. Quant au phosphore, il s'oxyde dans le bioxyde d'azote, si on l'enflamme préalablement : il y a alors dégagement de lumière.

Le bioxyde d'azote est absorbé par les sels de fer au minimum. M. Péligot s'est assuré que le gaz est instantanément dissous, et la solution de protosulfure de fer devient immédiatement d'un brun foncé : il se forme une véritable combinaison, que la plus faible élévation de température détruit rapidement.

Enfin, si l'on fait arriver du bioxyde d'azote dans une série de flacons contenant de l'acide azotique, à des degrés divers de concentration, on obtient, suivant que la concentration est plus ou moins forte, des couleurs variant entre le brun de l'acide hypoazotique et le bleu de l'acide azoteux. Ce phénomène s'explique aisément : le bioxyde d'azote, dans son contact avec l'acide azotique concentré, est transformé en acide hypoazotique, dont la formation est mise en évidence par la teinte brune que prend la liqueur.



$$AzO^2 + 2AzO^5 = 3AzO^4.$$

Si l'on emploie de l'acide moins concentré, l'eau intervient; l'acide hypoazotique se trouve à son tour décomposé en proportion plus ou moins grande, selon le degré de concentration de l'acide : de là les phénomènes de coloration dont nous avons parlé.

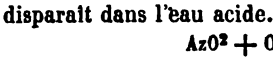
Voici comment se fait l'opération : on place dans le premier flacon, de l'acide monohydraté : cet acide devient brun; dans le second, de l'acide à 1,42 de densité, qui se colore en jaune; dans le troisième, de l'acide à 1,35, qui prend une teinte verte; dans le quatrième, de l'acide à 1,25, qui se colore en bleu clair; et enfin dans le dernier de l'acide à 1,15, qui reste incolore.

*Analyse.* Faisons passer dans une cloche courbe placée sur le mercure un volume connu de bioxyde d'azote, puis un fragment de sulfure de baryum, et chauffons : le volume est réduit de moitié, et le résidu est de l'azote pur.

Or, si à la demi-densité de l'azote 0,485 on ajoute la demi-densité de l'oxygène 0,554, on obtient le nombre 1,039 qui se confond avec la densité du bioxyde d'azote donnée par l'expérience. Ce gaz est donc formé de volumes égaux d'oxygène et d'hydrogène unis sans condensation; la formule $AzO^2$ représente quatre volumes.

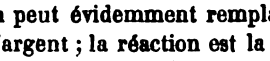
*Préparation.* On obtient ordinairement le bioxyde d'azote en attaquant le cuivre par l'acide azotique; si la réaction s'opère à une basse température, on peut obtenir avec ce métal du bioxyde d'azote dépourvu de protoxyde d'azote. L'appareil que l'on emploie est exactement le même que celui qui sert à la préparation de l'hydrogène.

Au commencement de l'opération, le flacon se remplit de vapeurs jaunes, il y a absorption partielle et le liquide remonte dans le tube conducteur. C'est qu'en effet, le bioxyde d'azote réagit sur l'air que contient notre flacon, s'empare de son oxygène pour donner naissance à de l'acide hypoazotique qui disparaît dans l'eau acide.



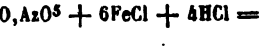
$$AzO^2 + O^2 = AzO^4.$$

Bientôt l'atmosphère du flacon se décolore; tout l'oxygène a été absorbé, et dès lors le dégagement du bioxyde d'azote devient régulier.



$$3Cu + 4AzO^5,HO = 3(CuO,AzO^5) + AzO^2 + 4HO.$$

On peut évidemment remplacer le cuivre par le mercure ou l'argent; la réaction est la même. Enfin, on peut encore obtenir du bioxyde d'azote pur, en chauffant dans un ballon de l'azotate de potasse avec une dissolution de protochlorure de fer dans l'acide chlorhydrique. Ce procédé est rarement employé; la réaction s'exprime ainsi :



$$KO,AzO^5 + 6FeCl + 4HCl = AzO^2 + KCl + Fe^2Cl^3 + 4HO.$$

### Protoxyde d'azote.

Le dernier des composés oxygénés de l'azote est le protoxyde, appelé autrefois gaz nitreux déphlogistiqué, et quelquefois encore gaz hilariant, gaz du paradis. Ce corps a été découvert en 1776 par Priestley; mais c'est Berthollet et Davy qui en déterminèrent les principales propriétés.

Digitized by Google

Il est incolore, inodore, d'une saveur légèrement sucrée. Sa densité est 1,527, ce qui donne 1,974 pour le poids du litre. Il est assez soluble dans l'alcool, et aussi dans l'eau.

Le protoxyde d'azote n'est pas permanent. Soumis à la double influence d'un froid très-vif et d'une pression considérable, il se liquéfie, ainsi que l'a fait voir Faraday. Ce célèbre physicien est même parvenu à le solidifier. M. Natteres en prépara le premier de grandes quantités; et, aujourd'hui cette liquéfaction s'opère sur une grande échelle dans un appareil que M. Bianchi a construit d'après les indications de M. Dumas. Voici comment est construit cet appareil, le protoxyde d'azote est renfermé dans un sac de caoutchouc, d'où il est chassé par compression dans des flacons renfermant du chlorure de calcium qui achèvent la dessiccation. De là il se rend dans un corps de pompe de fer où se meut un piston qui foule le gaz dans un réservoir de fer forgé, revêtu intérieurement de cuivre : ce vase a la forme d'une bouteille, et il est réuni au corps de pompe par un fort pas de vis et peut résister à une pression de 700 atmosphères. Quand on comprime le gaz, le corps de pompe et le réservoir s'échauffent considérablement: on refroidit le premier par un courant d'eau froide, et le second par de la glace placée dans le vase où est le réservoir. Quand le gaz est liquéfié, il suffit de dévisser le réservoir, et pour en retirer du protoxyde liquide, on desserre une petite vis d'acier placée au haut de l'appareil.

Ainsi obtenu, le protoxyde d'azote est un liquide transparent, très-mobile, qui bout à — 88 degrés. Placé dans le vide, il se solidifie sous forme de flocons neigeux, dont la température est inférieure à — 100 degrés.

Le mercure se solidifie immédiatement au contact du protoxyde d'azote liquide; c'est alors un métal d'un blanc gris qui s'écrase comme du plomb sous le marteau. Un charbon rouge projeté dans ce liquide y brûle avec une grande vivacité. On peut mettre ces deux phénomènes en évidence d'une manière très-curieuse; prenons un tube contenant du mercure congelé sous une couche de protoxyde d'azote et laissons-y tomber un fragment de charbon allumé : il va brûler avec le plus vif éclat, de telle sorte que nous avons dans le fond du vase une température excessivement basse et à quelques centimètres plus haut le rouge le plus vif.

Le protoxyde d'azote liquide projeté dans une capsule au rouge se caléfie, et si l'on place dans ce liquide ainsi caléfié une petite boule de verre pleine de mercure, ce métal se congèle aussitôt.

Le protoxyde d'azote introduit dans l'organisme y produit des effets remarquables. En 1799, Davy ayant respiré de ce gaz s'endormit et éprouva une sorte d'ivresse, accompagnée de sensations agréables. L'expérience de Davy encouragea des imitateurs; des clubs se formèrent, où l'on répéta ces essais, et l'on désigna ce corps sous le nom de gaz hilariant, gaz du paradis. Toutefois certains expérimentateurs éprouvèrent des effets fâcheux de ce gaz; mais il faut attribuer ces accidents à la présence d'un peu d'acide hypoazotique que renferme toujours le protoxyde d'azote mal préparé. Comme l'éther et le chloroforme, le protoxyde d'azote suspend les phénomènes vitaux, rend insensible à la douleur; et, en réalité, il est le premier anesthésique connu.

De même que l'oxygène, le protoxyde d'azote entretient la combustion. Une bougie présentant encore quelques points en ignition s'y rallume avec vivacité et y brûle avec éclat; il en est de même du charbon, du soufre, du phosphore : la lumière produite par la combustion de ce dernier corps est tellement éblouissante que l'œil ne peut la supporter. Un mélange de protoxyde d'azote et d'hydrogène détonne violemment à l'approche d'un corps enflammé; le gaz restant après toutes ces combustions est de l'azote pur.

La grande analogie que présente le protoxyde d'azote avec l'oxygène pourrait le faire confondre avec ce gaz; mais il y a un moyen bien simple de les distinguer. Voici en effet une éprouvette pleine d'oxygène; faisons-y pénétrer quelques bulles de bioxyde d'azote; et nous verrons immédiatement apparaître des vapeurs orangées. Cette seconde éprouvette contient du protoxyde d'azote; l'introduction de quelques bulles de bioxyde d'azote n'y détermine aucun changement.

*Analyse.* L'analyse de ce gaz peut se faire par deux méthodes : 1° combustion de l'oxygène dans l'eudiomètre; 2° absorption de cet oxygène par certains corps tels que le potassium, le sodium ou le sulfure de baryum qui doit être purifié. Quel que soit le procédé employé, on trouve qu'un volume de protoxyde d'azote est formé de un volume d'azote et de un demi-volume d'oxygène. La formule de ce corps est donc AzO.

*Préparation.* On obtient le protoxyde d'azote en soumettant à l'action d'une chaleur graduée de l'azotate d'ammoniaque, qui se dédouble en protoxyde d'azote et en eau :

$$AzH^3,HO,AzO^5 = 4HO + 2AzO.$$

L'opération se fait dans une petite cornue de verre; elle doit être conduite lentement, pour éviter la formation d'acide hypoazotique et d'azote, produits de la décomposition du protoxyde d'azote lui-même.

Ed. Antelme, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIQUE VÉGÉTALE (1).

### COURS DE M. GEORGES VILLE.

### IV.

### Produits transitoires de l'activité végétale. Les hydrates de carbone.

Bien que les végétaux se résolvent tous, sans exception, dans les mêmes éléments, qui sont, vous le savez, au nombre de quatorze, on trouve néanmoins en eux une quantité presque illimitée de produits différents, aussi dissemblables par leurs propriétés que par leurs fonctions chimiques. On y rencontre, par exemple, des acides et des bases dont la puissance et les affinités ne le cèdent pas aux acides et aux bases d'origine minérale. Parmi eux, je vous citerai l'acide oxalique que l'on retire de l'oseille. Les acides citrique, malique, racémique, sont aussi des produits de l'activité végétale. Je vous parlais de bases végétales : qui ne connaît la quinine que l'on extrait de l'écorce du quinquina, la codéine, la morphine, la strychnine, qui possèdent toutes, au même degré que la potasse et la soude, la propriété de se combiner avec les acides et de former de véritables sels doués d'une composition parfaitement définie et qui cristallisent comme ceux de la chimie minérale? On trouve encore dans l'économie végétale des produits où figure le cyanogène qui est un radical voisin par

(1) Voy. les nos 32, 36 et 38.

Digitized by Google

ses propriétés du chlore, du brome et de l'iode. J'ajouterai enfin, chose que vous savez tous, que nous tirons encore du règne végétal des corps gras de toute nature, des huiles essentielles et des poisons.

Bien que fort incomplète, cette simple énumération vous fera pressentir combien notre tâche serait difficile et pénible, si nous devions étudier tous ces produits, les uns après les autres, avec tous les développements que comporte leur histoire. Mais je me hâte d'ajouter que cette étude serait pour nous sans utilité.

La plupart de ces corps n'existent, en effet, que dans certains végétaux et se trouvent même souvent localisés dans certains organes. Une fois formés, ils persistent indéfiniment dans leur premier état et ne concourent jamais ni à la formation des tissus, ni au développement de la plante. Ce sont de véritables sécrétions intra-cellulaires qui ne présentent, au point de vue physiologique, qu'un médiocre intérêt et dont, par conséquent, nous n'avons point à nous occuper.

Mais, à côté de cette classe de composés si variés et si remarquables au point de vue chimique, il existe deux autres classes de produits auxquels nous ne saurions accorder trop d'attention. Ceux-ci ne sont pas, comme les précédents, spéciaux à quelques végétaux seulement. On les trouve dans tous les végétaux indistinctement, toujours doués des mêmes caractères, ce qui indique, à n'en pouvoir douter, qu'ils jouent dans la végétation un rôle considérable.

En effet, ces produits, bien que formés, comme les premiers, par du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote auxquels, dans certains cas, il faut ajouter, en outre, le soufre et le phosphore, n'ont qu'une durée éphémère. Ils changent continuellement d'état et finissent même par disparaître complétement. Alors leur substance s'ajoute à celle des tissus et des organes dont elle détermine l'accroissement. Cet accroissement est donc précédé d'un travail de combinaison accompli au sein des végétaux et dont les milieux ambiants font tous les frais.

Il en résulte que la propriété que le règne végétal possède de transformer la matière inorganique en produits organiques est une opération à plusieurs degrés. La formation des parties organisées est précédée d'une succession d'autres formations plus simples. Mais tous ces effets, malgré leur complication, sont essentiellement du domaine de la chimie, car ils ont tous pour cause première l'affinité s'exerçant sur des élément. invariables et se résolvent tous dans un acte de combinaison.

Nous devons donc nous attacher de préférence à ces corps, aux formes instables, que la nature a placés entre le règne inorganique et les végétaux, comme une sorte de pont, pour conduire de l'un à l'autre.

Ces produits remarquables se divisent en deux groupes : l'un comprenant ceux qui n'admettent dans leur composition que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène ; l'autre, ceux dans lesquels on trouve, indépendamment de ces trois éléments, de l'azote, du soufre et du phosphore. Voici, au surplus, la liste exacte de ces deux classes de composés auxquels je donne le nom de *produits transitoires de l'activité végétale* pour rappeler à la fois leur caractère principal et leur destination.

PRODUITS TRANSITOIRES DE L'ACTIVITÉ VÉGÉTALE.

| | Hydrocarbonés. | Azotés. |
|---|---|---|
| Insolubles dans l'eau | Cellulose<br>Amidon | Fibrine. |
| Semi-solubles | Gomme adragant<br>Pectine<br>Acide pectique<br>Inuline<br>Mucilages | Caséine. |
| Solubles | Gomme arabique<br>Sucre de canne<br>Sucre de raisin<br>Glycoses | Albumine. |

C'est par l'étude attentive de ces produits, de leurs migrations au sein des divers organes et des réactions qu'il exercent les uns sur les autres que nous arriverons seulement à connaître le mécanisme vrai de la formation des végétaux.

Commençons cette étude par les plus simples d'entre eux, par ceux qui ne renferment que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, et qui, à raison de cette composition, ont reçu le nom d'*hydrates de carbone*.

A l'égard de ce groupe, nous ferons une première remarque : on peut en représenter tous les termes par un symbole commun. Ils sont tous composés, en effet, par douze équivalents de carbone combinés avec de l'hydrogène et de l'oxygène dans le rapport voulu pour produire de l'eau. Leur formule générale est donc $C^{12}(HO)^{n}$.

Cette formule s'applique à tous indistinctement, aussi admettons-nous que tous les corps de cette série sont des composés isomères, ou plutôt le même corps, la même substance à des états différents.

On peut invoquer à l'appui de cette opinion trois ordres de preuves :

1° On passe de l'un à l'autre de ces corps par des transitions presque insensibles, autant sous le rapport de l'état physique que sous celui des propriétés chimiques.

2° On peut les transformer les uns dans les autres avec la plus grande facilité.

3° Ces transformations s'opèrent continuellement dans l'économie végétale.

Mais avant de parler de leurs analogies et de leurs ressemblances, fidèles à la méthode suivie par les chimistes, appliquons-nous d'abord à mettre en lumière leurs dissemblances, et pour cela choisissons pour chacun d'eux le type le plus propre à nous les révéler.

*Cellulose*. La cellulose est l'élément anatomique primordial de tous les tissus végétaux. Les canaux capillaires, les trachées déroulables, les vaisseaux de toutes formes que le microscope nous fait découvrir dans les tissus végétaux ne sont eux-mêmes que des cellules modifiées. C'est dans l'intérieur de ces cellules que s'accumulent les produits si variés dont nous parlions tout à l'heure, et c'est au travers de leurs parois que s'accomplissent les phénomènes les plus compliqués de la dialyse végétale. Mais leur substance propre, la matière première dont elles sont formées, considérée indépendamment de leur organisation et au seul point de vue chimique, se montre la même dans tous les végétaux et dans toutes leurs parties ; c'est toujours de la cellulose. Pour l'obtenir tout à fait pure, le mieux est de recourir à du vieux linge, à des filaments de coton ou à de la moelle de sureau que l'on traite

Digitized by Google

par l'eau froide et par l'eau bouillante, puis successivement par des solutions alcalines faibles à froid et à chaud. On a recours ensuite à l'action ménagée du chlore et après de nouveaux lavages avec des liqueurs alcalines faibles et avec de l'eau, on la soumet à l'action successive de l'alcool et de l'éther. La matière qui reste alors peut être considérée comme de la cellulose pure. Elle est blanche, amorphe, diaphane et insoluble dans la plupart des réactifs. Le seul qui la dissolve sans l'altérer est le liquide bleu que l'on obtient en faisant passer de l'ammoniaque liquide sur de la tournure de cuivre au contact de l'air. Les acides la précipitent de cette dissolution. Les acides sulfurique et phosphorique concentrés l'attaquent à froid et la dissolvent sans se colorer; mais, si l'on neutralise ces acides, la cellulose qui se dépose ne possède plus ses caractères primitifs. La potasse et la soude caustiques en solutions concentrées déterminent à froid, et plus rapidement à chaud, le gonflement de la cellulose, mais ne la désagrégent que fort lentement. Le chlore et les hypochlorites en solutions concentrées avec l'aide de la chaleur lui font éprouver une véritable combustion avec dégagement d'acide carbonique.

L'acide nitrique monohydraté se combine directement avec la cellulose pour produire des corps fulminants connus sous les noms de coton azotique, fulmi-coton, coton-poudre pyroxile, pyroxiline. Ces combinaisons ne se forment qu'à de basses températures et ne changent en rien l'aspect de la cellulose qui augmente simplement de poids.

A chaud, l'acide azotique brûle la cellulose et produit de l'acide oxalique.

*Fécules.* On trouve de la fécule dans tous les végétaux, mais plus particulièrement dans les graines ou dans les tubercules. Pour l'extraire de ces derniers, il suffit de les raper et de laver la pulpe sur un tamis. L'eau entraîne la fécule qui ne tarde pas à se déposer. Après l'avoir lavée à plusieurs reprises, on l'égoutte et on la laisse sécher. Pour l'extraire du froment, on fait une pâte ferme avec de la farine, on malaxe cette pâte sous un filet d'eau; la fécule seule est entraînée et se dépose au fond de l'eau comme la précédente. La fécule du blé est plus connue sous le nom d'amidon.

Examinées au microscope, les fécules se présentent sous la forme de grains indépendants, de dimensions variées et d'aspect fort différent, suivant la plante ou même l'organe qui les a produites. Mais, quelles que soient leurs différences extérieures, tous ces grains accusent la même organisation. Ils sont formés de couches concentriques superposées qui semblent toutes partir d'un point central auquel on a donné le nom de *hile* et qui affecte lui-même les apparences les plus variées.

Dans leur état ordinaire d'agrégation, les grains de fécule sont insolubles dans l'eau froide, dans l'alcool et dans l'éther. Dans l'eau bouillante ils se tuméfient considérablement, se soudent les uns aux autres et forment une sorte de gelée à laquelle on a donné le nom d'empois et qui prend, lorsqu'elle est refroidie, une magnifique coloration bleue avec l'eau iodée. Dans une dissolution alcaline faible (contenant 1,75 °/₀ de potasse caustique), la fécule de pommes de terre se gonfle et se change en empois au bout de quelques instants, exactement comme dans l'eau bouillante. A froid, cette dissolution est sans effet sur l'amidon de blé; mais si l'on augmente un peu la proportion de potasse, toutes les fécules indistinctement, se gonflent et passent, comme la fécule de pommes de terre, à l'état d'empois.

En somme, les fécules se distinguent de la cellulose par leur structure organisée, par la propriété de former empois à chaud avec l'eau, et à froid avec les dissolutions alcalines faibles, et surtout par la coloration bleue qu'elles prennent avec l'eau iodée.

*Gommes.* — Parmi ces substances, les unes sont solubles dans l'eau, comme la gomme arabique, alors que les autres se gonflent dans l'eau sans s'y dissoudre. Tels sont les mucilages de pepins de coings et de graines de lin et la gomme adragant. Toutes les gommes sont précipitées par l'alcool et par le sous-acétate de plomb. Elles ne se colorent pas par l'iode et n'ont pas d'action sur la lumière polarisée. Elles sont amorphes et toujours accompagnées par une certaine quantité de carbonate et de phosphate de chaux qui restent à l'état de cendres lorsqu'on les brûle.

*Sucres.* Bien que les sucres connus soient aujourd'hui fort nombreux, nous les ramènerons à trois types fondamentaux : le sucre de canne, le sucre de raisin ou glycose cristallisable et le sucre incristallisable appelé aussi glycose incristallisable qui reste toujours à l'état de liquide sirupeux.

Tous les sucres sont solubles dans l'eau et possèdent un pouvoir rotatoire propre à l'égard de la lumière polarisée. Tous éprouvent la fermentation alcoolique sous l'influence de la levûre de bière. Ces deux derniers caractères distinguent la grande famille des sucres des autres produits que nous avons précédemment étudiés.

Enfin, les sucres se distinguent entre eux, en outre de leurs caractères physiques, par l'action différente qu'ils exercent sur l'oxyde de cuivre maintenu en dissolution dans l'eau par de l'acide tartrique et un excès de potasse caustique, réactif auquel on a donné le nom de liqueur cupro-potassique. Les uns jouissent, en effet, de la propriété de précipiter le bioxyde de cuivre de cette liqueur à l'état de protoxyde, alors que les autres n'ont aucune action sur elle.

Le sucre de canne est dans ce dernier cas. Ce sucre, de tous le plus anciennement connu, est très-répandu dans la nature. On le trouve en abondance dans les tiges de canne, de maïs, de sorgho et dans les racines de betteraves. Pour le préparer, on chauffe le jus de ces plantes à 80 degrés environ, après y avoir ajouté une petite quantité de lait de chaux. Il se forme une écume abondante due à la combinaison de la chaux avec l'albumine végétale. Le liquide clair est ensuite filtré sur une couche denoir animal en grains, puis évaporée jusqu'à consistance sirupeuse. On l'abandonne alors au repos dans des cristallisoirs où le sucre se dépose sous la forme de grains cristallins. Le sucre ainsi obtenu n'est pas pur. Pour le raffiner on le dissout dans l'eau, on le filtre de nouveau sur une couche de noir et on le fait recristalliser.

Ses cristaux sont des prismes rhomboïdaux obliques, durs, anhydres et incolores, dont la densité est égale à 1,606. Quand on les broie dans l'obscurité ils répandent une lueur phosphorescente.

L'eau dissout à froid trois fois son poids de sucre de canne. A l'ébullition elle le dissout en toutes proportions. L'alcool absolu le dissout faiblement à l'ébullition et le laisse déposer par le refroidissement. L'alcool aqueux le dissout en proportion d'autant plus forte qu'il est plus aqueux. L'éther le précipite de cette dissolution.

Le sucre forme, avec la chaux, la baryte et l'oxyde de plomb des combinaisons bien définies. Avec le sel marin il produit un composé cristallisable. Les alcalis forment avec

Digitized by Google

lui une combinaison qui persiste sans altération, même à la température de l'ébullition.

Nous avons dit que le sucre de canne n'avait pas d'action sur la liqueur cupro-potassique, mais il n'en exerce pas moins une action réductive énergique sur certaines dissolutions métalliques. Mêlé à une dissolution chaude de nitrate d'argent, il en précipite le métal sous forme de poudre noire. Il réduit le bichlorure de mercure à l'état de protochlorure. Il précipite l'or de ses dissolutions ; il décolore le permanganate de potasse. A froid, le chlore est presque sans action sur lui ; à chaud, il le change en une matière brune.

L'acide sulfurique concentré le transforme rapidement en une substance noire. Étendu, le même acide lui fait éprouver une modification extrêmement remarquable, à cause du jour qu'elle jette sur sa constitution chimique, comme nous aurons l'occasion de le voir dans la prochaine séance. Contentons-nous, pour le moment, de constater qu'une dissolution de sucre de canne, à laquelle on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique et que l'on porte rapidement à la température de 68 degrés, change de nature. Le sucre a perdu la faculté de cristalliser et offre un pouvoir rotatoire égal à — 26 à la température de 15 degrés. Ce sucre nouveau, que l'on a considéré longtemps comme une espèce distincte, à laquelle on donnait le nom de sucre incristallisable, est formé en réalité de deux sucres différents. L'un se dépose à la longue en petites masses mamelonnées : c'est la glycose cristallisable ; l'autre, toujours liquide et sirupeux, constitue le sucre incristallisable proprement dit. Ces deux sucres possèdent des pouvoirs rotatoires contraires. On a donné à leur mélange le nom de sucre interverti, parce que ce mélange possède lui-même un pouvoir rotatoire inverse de celui du sucre de canne qui est égal à + 83°,7.

Presque tous les acides, mais surtout les acides minéraux étendus de beaucoup d'eau, produisent l'interversion du sucre de canne, lentement à froid, plus rapidement à chaud. Les ferments la produisent plus facilement encore que les acides.

On a découvert dans diverses mannes deux ou trois autres sucres isomères du sucre de canne, comme lui cristallisables, mais qui s'en distinguent par leurs pouvoirs rotatoires, et par la forme de leurs cristaux.

*Glycose.* — La glycose existe dans le miel dont elle forme la partie solide ; c'est elle qui constitue les grains cristallins que l'on trouve dans les raisins secs, ainsi que l'enduit farineux qui recouvre les figues, les pruneaux et d'autres fruits desséchés. On peut l'extraire du miel à l'aide de l'alcool qui ne la dissout que très-faiblement à froid, tandis qu'il dissout, au contraire, avec facilité, l'espèce de mélasse qui l'accompagne. Le résidu dissous dans l'eau, clarifié au blanc d'œuf, filtré au noir animal, et doucement évaporé à l'étuve, fournit la glycose cristallisée en masses mamelonnées, ayant, pour la forme, beaucoup d'analogie avec le choux-fleur. En opérant sur de grandes masses, et dans une dissolution alcoolique, on peut l'obtenir en cristaux bien définis, limpides, ayant des faces très-nettes, et exerçant la double réfraction. En cet état, la glycose retient deux équivalents d'eau, et présente la composition exprimée par la formule $C^{12}H^{12}O^{12} + 2HO$. Elle se dissout dans une fois et demie son poids d'eau froide, et en toute proportion dans l'eau bouillante. Sa poudre placée sur la langue produit une saveur farineuse et piquante, devenant peu à peu sucrée, à mesure qu'elle se dissout.

Comme le sucre de canne, la glycose se combine avec les alcalis, mais la combinaison est beaucoup moins stable et il suffit d'élever la température pour qu'elle se décompose avec production d'une matière noire caractéristique.

La chaux et la baryte donnent des effets analogues.

La glycose exerce des actions réductrices sur les dissolutions d'or, d'argent et de mercure, plus énergiques encore que le sucre de canne. D'ailleurs elle réduit la liqueur cupro-potassique.

Les acides minéraux étendus et bouillants changent rapidement la glycose en une matière noire avec production d'acide prussique.

L'acide sulfurique concentré ne noircit pas la glycose. Il forme avec elle de l'acide sulfoglycique dont le sel de baryte est soluble dans l'eau, ce qui permet de le séparer de l'excès d'acide sulfurique. Enfin la glycose fermente directement sous l'influence de la levûre de bière, tandis que le sucre de canne doit préalablement subir l'interversion.

Si on limitait l'histoire des hydrates de carbone aux faits qui précèdent, vous ne pourriez manquer de voir en eux autant d'espèces différentes, malgré leur communauté d'origine et de composition. C'est, en effet, à cette conclusion que les chimistes se sont arrêtés. Rien n'est moins exact cependant, si au lieu de borner nos études aux quelques types choisis que nous avons décrits, nous nous appliquons à rechercher toutes les dégradations dont chacun d'eux se montre susceptible.

La cellulose, dans le périsperme du dattier, dans les bois et dans les textiles, est dure et compacte, inattaquable par l'eau bouillante aussi bien que par les acides faibles. Mais, dans les champignons, dans le péricarpe des fruits mûrs, son état physique est bien différent. De dure et résistante elle est devenue tendre et charnue et se laisse facilement attaquer par les acides. Dans le lichen d'Islande, elle possède si peu de cohésion qu'elle se gonfle dans l'eau bouillante au point de former gelée par le refroidissement. Les acides étendus la dissolvent sans difficulté. Enfin la gelée de lichen bleuit légèrement par l'iode, ce qui est l'un des caractères essentiels de l'amidon.

Dans la tulipe champêtre, l'*Ornithogallum pyrenaïcum*, l'*Agraphis campanulata*, le *Cypella plumbea*, la cellulose participe autant de la fécule que de la cellulose proprement dite.

Que deviennent, en présence de ces faits, les distinctions si laborieusement établies par les chimistes ? Il ne nous reste plus pour distinguer l'amidon de la cellulose que son organisation globulaire. Mais ce dernier caractère n'a pas plus de fixité que le précédent. Dans certains végétaux, en effet, l'amidon affecte l'état de masses visqueuses, sans forme définie. Tels sont en particulier le *Cardamomum mimus*, le *Carex arenaria*, l'*Ornithogallum pyrenaïcum*. Dans la racine de l'*Aristolochia clematitis* on trouve à la fois de l'amidon en grains indépendants et en masses amorphes. On en trouve même à l'état visqueux et à l'état liquide. Entre l'amidon amorphe et la cellulose qui forme gelée dans l'eau bouillante, la distinction était déjà bien difficile. Que sera-ce lorsqu'il s'agira de distinguer l'amidon visqueux de la gomme adragant et l'amidon soluble de la gomme arabique ?

Par la propriété de se gonfler dans l'eau bouillante et d'y former empois, les fécules ou grains organisés se rapprochent déjà beaucoup de la gomme adragant qui se gonfle elle-même au point de former gelée avec l'eau froide, et la gomme

Digitized by Google

adragant, par cette propriété, forme à son tour le terme de passage entre l'amidon et la gomme arabique. Si vous trouviez la transition de l'amidon à la gomme arabique un peu trop brusque, nous pourrions placer entre les deux l'inuline, sorte de fécule que l'on trouve dans les tubercules du Dahlia, qui se dissout complétement dans l'eau bouillante et se précipite par le refroidissement.

Entre le groupe dont nous venons de nous occuper et celui des sucres il semble y avoir un abîme ; mais il n'est qu'apparent, car en réalité la glycose présente beaucoup d'analogie avec la gomme; toutes deux forment des masses mamelonnées et toutes deux réduisent la liqueur cupro-potassique.

Vous le voyez donc : à mesure qu'on multiplie les comparaisons les différences s'effacent et les caractères communs se multiplient au point de nous amener à voir dans les corps que nous venons de décrire, non plus des espèces chimiques distinctes, mais les formes variables et changeantes d'un produit unique et toujours le même.

Jusqu'à présent nous n'avons justifié cette déduction que par le peu de fixité que possèdent les caractères physiques et chimiques des hydrates de carbone. Mais si j'ajoute qu'à l'aide des réactions les plus simples on peut, dans nos laboratoires, transformer artificiellement ces corps les uns dans les autres avec la plus extrême facilité, cette opinion ne peut manquer de revêtir à vos yeux le caractère d'une vérité démontrée.

Versez sur la cellulose des tissus ligneux de l'acide sulfurique concentré, elle se désorganise et acquiert la propriété de se colorer en bleu par la teinture d'iode, caractère qu'elle ne possédait pas auparavant.

Délayez dans l'eau la masse visqueuse qui résulte de ce premier traitement, la cellulose se change en deux produits nouveaux : la glycose et la dextrine. Le premier est un sucre, le second reproduit tous les caractères de la gomme arabique. Cette transformation s'accomplit avec plus de facilité, si au lieu d'opérer sur la cellulose dure et compacte on a recours à la cellulose du lichen d'Islande qui est plus voisine de l'amidon que la cellulose du bois.

L'amidon subit des transformations du même ordre que la cellulose sous les mêmes influences. Il suffit de le faire bouillir quelques heures avec de l'acide sulfurique étendu pour le transformer en partie en glycose et en partie en dextrine qui se change, elle-même, en glycose par une action plus longtemps prolongée. Veut-on n'obtenir que de la dextrine? On se contente de chauffer l'amidon à une température de 220 degrés. Il acquiert par cette seule élévation de température la propriété de se dissoudre dans l'eau froide à la manière de la gomme et de produire ainsi un liquide visqueux, qui dévie à droite le plan de polarisation de la lumière, ce qui lui a valu son nom de dextrine. Pour l'obtenir en grand, on humecte la fécule des pommes de terre ou l'amidon avec une solution très-diluée d'acide nitrique ou d'acide oxalique (un millième du poids de la substance). Après l'avoir desséchée, on la chauffe à une température de 110 à 120 degrés. Au bout de quelques heures la transformation est complète.

La dextrine, maintenue en ébullition avec de l'acide sulfurique étendu, se transforme en glycose. Les gommes et les mucilages subissent la même transformation. Enfin le sucre de canne se résout lui-même en sucre incristallisable ou sucre interverti par l'action des acides étendus, comme nous l'avons précédemment établi.

La glycose est donc le terme définitif des transformations que les hydrates de carbone subissent lorsqu'on les soumet à l'action des acides, mais avant de parvenir à cette limite extrême, il passe par des états intermédiaires qui rappellent plus ou moins les différents états que nous avons précédemment décrits et sous lesquels on les trouve dans les végétaux.

Vous remarquerez toutefois, messieurs, que si nous sommes parvenus à passer d'un hydrate de carbone quelconque à la glycose, nous n'avons jamais réussi à remonter de la glycose ou du sucre à la cellulose. C'est que ces changements sont encore inaccessibles à nos moyens d'action. Notre impuissance, sous ce rapport, doit être pour nous l'indication certaine que les hydrates de carbone ne forment pas une série de termes indépendants et distincts, mais bien une véritable échelle dont la cellulose occupe le sommet et la glycose l'échelon inférieur. Dans nos laboratoires, nous pouvons descendre cette échelle et non la remonter. Mais il n'en est pas de même au sein des végétaux. Ici les transformations s'accomplissent dans les deux sens avec la même facilité. Permettez-moi d'établir ce point important par quelques faits irrécusables.

Le froment contient 60 pour 100 environ d'amidon, remarquable par sa cohésion et par le faible volume de ses grains. Il renferme en même temps 10 à 15 pour 100 de matière azotée dont nous parlerons bientôt, mais on n'y trouve pas la moindre trace de sucre. Si on le fait germer, lorsque l'embryon a acquis 1 ou 2 millimètres de longueur, le grain ne contient presque plus d'amidon. A la place on trouve de la glycose et de la dextrine.

Cette transformation accomplie au sein de l'économie végétale est de tout point conforme à celle que nous pouvons opérer nous-même à l'aide de l'acide sulfurique étendu d'eau. Mais voici où la différence commence : la glycose formée dans les grains qui germent disparaît à son tour et se trouve remplacée par le tissu cellulaire des premiers organes. Ces divers changements se sont accomplis sans que le poids de la graine ait sensiblement changé. Il a plutôt diminué qu'augmenté, c'est donc bien aux dépens de l'amidon primitif que se sont formés la glycose d'abord et la cellulose ensuite.

La transformation du sucre en fécule ne se fait pas avec moins de facilité. Avant de fleurir, la betterave contient dans sa racine une grande quantité de sucre, environ 8 pour 100. A partir de la floraison, le sucre commence à disparaître; à mesure que les graines se forment et se remplissent de fécule sa proportion diminue, lorsque enfin la graine est mûre la racine n'est plus sucrée. Si vous pouviez douter que le sucre disparu ait réellement servi à la production de la fécule, il me suffirait, pour vous en convaincre, de vous citer les faits suivants :

Jusqu'au moment de la formation de sa graine le maïs renferme dans sa tige beaucoup de sucre. Dès que les graines commencent à se former, le sucre de la tige diminue et continue à diminuer, comme pour la betterave, jusqu'à la maturité de la graine. Dans ce cas, comme dans le précédent, le sucre a servi à produire la fécule qui s'accumule dans la graine, mais ici il est plus facile d'en donner la preuve.

Le maïs est une plante monoïque, c'est-à-dire munie à la

Digitized by Google

fois de fleurs mâles et de fleurs femelles, or il est facile, en supprimant les fleurs femelles à mesure qu'elles se produisent, de s'opposer à la formation de la graine. Dans ces nouvelles conditions, la proportion de sucre, au lieu de diminuer va toujours en augmentant jusqu'au terme de la végétation.

Dans 1000 grammes de jus de maïs privé de ses fleurs femelles on a trouvé 113gr,79 de sucre et 80 grammes seulement dans la même quantité de jus de maïs ayant porté graine.

Un exemple plus complet et plus démonstratif encore, parce qu'il est défini dans tous ses détails, nous est offert par le sorgho sucré.

Comme le maïs et mieux encore que lui, le sorgho est une plante à sucre. Mais tandis que le sucre diminue dans le maïs à partir de la floraison, il va toujours augmentant dans le sorgho. Comment expliquer cette anomalie, sans démentir les résultats qui précèdent? C'est la chose du monde la plus facile.

Dans le sorgho, il existe à la fois du sucre de canne et de la glycose. Or, si le sucre de canne augmente, la glycose diminue, et si l'on compare la formule de l'amidon et du sucre de canne à celle de la glycose, on découvre bien vite la raison de l'augmentation qui se manifeste dans ce cas et la diminution qui se produit dans l'autre.

$C^{12}H^{10}O^{10}$ ..... Amidon.
$C^{12}H^{11}O^{11}$ ..... Sucre de canne.
$C^{12}H^{12}O^{12}$ ..... Glycose.

Puisque la glycose diminue à mesure que le sucre de canne augmente, il est présumable que la glycose a fait tous les frais de cet accroissement et si le phénomène s'arrête là, au lieu de se traduire par une diminution du sucre de canne, c'est parce que le sorgho ne produit, dans nos climats, qu'un épi terminal, alors que dans les pays chauds il produit en même temps d'autres épis latéraux. Par suite de cette fructification restreinte, il se passe, dans le sorgho, quelque chose d'analogue à ce qu'on produit sur le maïs en le privant de ses fleurs femelles. Cela est si vrai, que si au lieu de doser le sucre dans toutes les parties de la plante indistinctement, on ne le dose que dans la flèche qui porte l'épi, alors on trouve que le sucre de canne diminue à mesure que la maturation de la graine avance. Qu'il me soit permis de placer sous vos yeux la preuve de ces effets remarquables qui font rentrer le sorgho sous la loi commune.

| AGE DE LA PLANTE. | PAR LITRE DE JUS. Sucre de canne. | Glycose. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| 1° Apparition de l'inflorescence..... | 2,30 | 60,70 |
| 2° Floraison..... | 23,90 | 47,80 |
| 3° Graine encore laiteuse..... | 117,80 | 21,60 |
| 4° Graine complétement mûre..... | 135,70 | 11,90 |

Vous le voyez, le sucre de canne augmente à mesure que la proportion de la glycose diminue. Mais limitons le dosage des sucres au jus de la flèche et la réduction portera sur les deux sucres indistinctement.

| | PAR LITRE DE JUS. Sucre cristallisable. | Glycose. | Somme des deux. |
|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. |
| Jus de la tige..... | 141,40 | 11,30 | 152,90 |
| Jus de la flèche.... .. | 81,80 | 7,60 | 89,40 |

L'apparente exception fondée sur le sorgho sucré, soumise à un examen attentif, vient donc, au contraire, confirmer en tous points notre conclusion antérieure. L'épi terminal absorbe, pour sa formation, la plus grande partie des sucres contenus dans la flèche qui le supporte. Pour les autres entre-nœuds le travail se borne à la conversion de la glycose en sucre de canne plus rapproché de la fécule par sa composition.

Aux divers témoignages que je viens de citer, je pourrais ajouter encore celui du froment qui, moissonné avant maturité et conservé en moyettes, à l'ombre, n'en achève pas moins la maturation de sa graine, dans laquelle s'accumule de l'amidon qui n'existait pas dans sa tige. Il est donc incontestable que, dans les végétaux, les sucres peuvent se changer en cellulose et en amidon aussi facilement que, dans nos laboratoires, se produisent les réactions inverses.

Répétons-le donc une fois encore. Oui, tous les hydrates de carbone, malgré leurs dissemblances, ne sont en réalité que les formes changeantes d'un seul et même corps idéalement représenté par la formule $C^{12}(HO)^n$ ; lequel se révèle à nous comme l'un des instruments les plus essentiels à l'exercice de la vie végétale, puisque aucune plante, aucun organe, aucun tissu ne peut se produire sans que l'élément hydrocarbonné ne vienne, sous une forme ou sous une autre, y prendre part.

Reste à savoir quelles sont les formules rationnelles qui doivent représenter ces corps remarquables et comment on peut expliquer leurs transformations réciproques. Cette étude essentiellement chimique fera l'objet de notre prochaine réunion.

H. Joulie, pharmacien en chef de l'hôpital Saint-Antoine.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*Récentes publications :*

Histoire des idées morales et politiques en France au XVIIIe siècle, par M. Jules Barni, professeur à l'Académie de Genève. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. 3 fr. 50

De la physionomie et de la parole, par M. Albert Lemoine. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

Philosophie de l'art, par M. H. Taine. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

Philosophie de la raison pure, par M. Schœbel. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

La Science et les savants en 1865 (premier semestre), par M. Victor Meunier. 1 vol. in-18 de 360 pages. 3 fr. 50

Éléments de pathologie interne et de thérapeutique, par Niemeyer, professeur de pathologie à l'Université de Tubingue, traduction de l'allemand par MM. les docteurs L. Culmann et Ch. Sengel (de Forbach), revue et annotée par M. le docteur V. Cornil, précédée d'une introduction par M. le professeur Bérier. Tome Ier, 1 vol. gr. in-8 de 900 pages. 9 fr.

Traité des champignons au point de vue botanique, alimentaire et toxicologique, orné de plus de 100 figures, par M. l'abbé Morel. 1 vol. in-18. 4 fr.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 40. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 2 SEPTEMBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

## SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : L'homme anté-historique.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : Le système nerveux des Poissons.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : Chaleur de formation des composés organiques ternaires et quaternaires.

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES
(de l'Institut).

V.

**De l'homme anté-historique.**

Notre leçon précédente a eu un double objet : terminer l'examen de ce qui était relatif à la doctrine d'Agassiz, rechercher le point de l'apparition de l'homme. Relativement à la théorie d'Agassiz, nous avons rapidement passé en revue chacun des huit règnes qu'il établit, et cet examen si rapide nous a suffi pour constater qu'il n'y a souvent aucune coïncidence entre les populations humaines et les faunes de chaque lieu. Nous avons vu que, pour ne pas séparer des groupes humains identiques, il donna parfois trop d'extension à des régions zoologiquement naturelles, et que d'autres fois, pour faire cadrer les faunes zoologiques avec des populations très-différentes, il divise les régions les plus réelles. C'est ainsi qu'il rattache la moitié de l'Arabie au règne nègre, tandis qu'il réunit l'autre moitié, la moitié supérieure, et la Perse au règne européen ; mais en agissant ainsi, il est forcé d'ajouter à la faune européenne la faune de la vallée de l'Indus, qui en est pourtant bien distincte pour tous. Le règne arctique, avons-nous dit, par l'égalité de ses conditions dans toute son étendue, se prêtait parfaitement aux idées d'Agassiz, et cependant, il ne lui a pas été possible de caractériser véritablement cette région par des animaux, car, sur les six qu'il a choisis, trois, au moins, sont communs au règne européen tout entier. Quand nous sommes descendu aux insectes, un zoologiste est venu nous dire que cette région est bien plus caractérisée par la rareté des espèces que par leur distinction typique et locale. Enfin, en ce qui concerne les groupes humains de cette contrée, nous avons vu qu'ils nous offraient des caractères distinctifs nombreux et considérables, et que, à ce point de vue encore, la théorie d'Agassiz ne pouvait être soutenue.

Par tous ces faits sérieusement étudiés, on est amené directement et forcément à une opinion contraire à celle qu'Agassiz a admise. Loin de reconnaître des groupes humains nés en divers lieux, nous arrivons à conclure que l'homme est apparu en un point restreint et unique de la terre ; et cette proposition serait vraie, quand même l'humanité formerait un genre.

Passant à un autre ordre d'idées, nous avons cherché à déterminer le centre de création de l'homme. Ici nous devions préciser le sens de la question, et déclarer que nous ne pouvions fixer rien d'absolu. Cette remarque faite, nous avons indiqué comme point d'origine très-probable, l'enceinte montagneuse du centre de l'Asie, cette contrée d'où partent en tous sens les plus grands fleuves de l'ancien continent, qui semblent disposés d'avance pour guider les peuples dans leurs voyages de dispersion. D'autres motifs plus sérieux nous obligent, d'ailleurs, à regarder comme probable ce lieu d'origine. Et d'abord, nous trouvons autour du massif des échantillons des trois types humains principaux, et des trois langues typiques ; toutes les notions historiques nous

(1) Voy. les nos 33, 35, 37 et 38. — Consultez dans le numéro 16 (18 mars 1865) la conférence de M. N. Joly, sur l'homme fossile et les habitations lacustres.



Digitized by Google

ramènent à ce point de départ, au moins pour les grandes migrations dont la tradition a gardé le souvenir. Enfin, les animaux domestiques les plus anciennement associés à l'homme, ceux auxquels il fait jouer le plus grand rôle dans les sacrifices et la religion, sont tous originaires de l'Asie.

Toutes ces raisons fournissent une réponse à cette première question que l'homme se pose au récit d'un grand événement : *où* s'est-il passé? Mais il en est une seconde, non moins importante, c'est la question de temps: *quand* l'homme a-t-il paru sur la terre, et a-t-il commencé à la peupler? C'est cette question que nous allons aborder aujourd'hui, c'est le problème que nous allons essayer de résoudre.

Nous savons que les êtres organisés n'ont pas tous paru en même temps à la surface de la terre. La géologie et la paléontologie nous montrent une série de périodes pendant lesquelles certains animaux existaient, et d'autres, qui vinrent ensuite, ne vivaient pas encore. Les végétaux et les animaux sont donc nés successivement. L'homme est-il le dernier venu? Est-il le produit d'une création à part, et, dans ce cas, quelle époque peut-on assigner à son apparition? quand se montra-t-il pour la première fois?

Ici, plus encore que pour la question de lieu que nous avons traitée précédemment, il importe de préciser et de restreindre la solution du problème aux bornes du possible. Il ne faut pas demander à la science la date exacte de cette apparition de l'homme sur la terre; cela n'est pas possible. Les peuples ne gardent pas l'histoire ancienne de leur enfance, de même que l'homme ignore absolument dans son âge mûr, les événements de ses premières années. Cependant les traditions religieuses fournissent toutes une réponse à la question qui nous occupe. Mais c'est là un terrain tout à fait respecté par nous dans les discussions scientifiques, et nous voulons laisser de côté tous les renseignements que les livres dogmatiques pourraient nous fournir. Nous dirons plus tard les opinions diverses émises à ce sujet par les diverses religions, mais ces opinions seront envisagées par nous comme de simples faits religieux, et nous nous garderons bien de les considérer comme des arguments, nous rappelant que nos deux seuls guides, dans cette question comme toutes les autres, doivent être l'expérience et l'observation

Il est évident que l'histoire ne peut avoir conservé de souvenir se rattachant à l'origine de l'homme. Cependant, avant d'aller au delà des temps historiques pour chercher notre solution ailleurs que dans les souvenirs des peuples, il est bon de voir où s'arrêtent les dates que nous a conservées la tradition, d'établir en quelque sorte les limites de l'histoire.

En ce qui concerne la Grèce, les érudits admettent comme première date certaine l'établissement des Olympiades en 776 avant notre ère. La guerre de Troie est un événement bien antérieur, mais elle nous présente un tel mélange de fables et de vérités, qu'il n'est pas possible d'en tenir compte dans une discussion de cette nature. Cependant, on la reporte vers le XI^e ou XII^e siècle avant notre ère. — Hécatée de Milet, qui vivait cinq siècles avant notre ère, croyait que les dieux ne se mariaient plus avec les hommes depuis neuf siècles; cette époque, où la divinité n'intervient plus d'une manière directe dans les affaires des hommes, pourrait bien être considérée comme le commencement des temps historiques.

La tradition ariane, qui est en définitive celle de tous les peuples occidentaux, remonte plus haut dans le temps. Vivien de Saint-Martin, critique sérieux, et dont l'opinion mérite d'être prise en grande considération, reporte du XV^e au XVIII^e siècle avant notre ère, l'époque où les Arians arrivent sur la imite du Caboul. Le Zend-Avesta nous conduit jusqu'au Bolor, et nous pouvons supposer que cet ensemble nous reporte approximativement jusqu'à vingt siècles avant l'ère actuelle.

Les livres sémitiques donnent le XXII^e siècle comme l'époque où vivait Abraham, et font remonter le déluge au XL^e siècle.

La Chine possède une histoire, à la vérité matérielle et grossière, mais positive et reconnue pour telle. Nous y trouvons des dates certaines qui nous reportent plus haut que toutes les autres traditions. Le *Chou-king*, résumé par Confucius, est accepté par tous comme un livre authentique. Or, on y voit que le règne de l'empereur Yao commence en l'an 2357 avant notre ère; c'est aussi la date du déluge qui porte le nom de ce prince. Antérieurement à cette époque, la Chine cultivait déjà des vers à soie, car le *Chou-king* nous apprend qu'après le retrait des eaux, on put replanter le mûrier. Donc la civilisation était déjà grande en Chine à cette époque, et, bien que nous n'ayons plus que peu de dates au delà, nous devons supposer que son histoire remontait beaucoup plus haut dans le temps. L'autre date est l'an 2698, époque à laquelle Houang-Ti avait déjà inventé l'Écriture. Ainsi 2698 et 2357, voilà les deux dates les plus anciennes que nous fournisse l'histoire de la Chine.

L'Égypte possède des monuments nombreux, racontant son histoire, et qui forment un véritable livre dans lequel Champollion nous a appris à lire. Or de l'étude de ces monuments, il résulte, d'après Bunsen et Lepsius, que la cinquième dynastie égyptienne remonte au XL^e siècle avant notre ère. Cette date peut paraître exagérée, et elle parut telle, en effet, à plusieurs; mais elle semble à des juges compétents — que M. de Quatrefages a consultés, — confirmée par les recherches de M. de Rouget. Cet auteur ne donne pas de dates précises; il s'est contenté de placer les événements les uns après les autres, comme font les géologues pour établir l'âge relatif des terrains. Donc, s'il n'est pas absolument démontré que le XL^e siècle avant notre ère est l'époque où régnait en Égypte la cinquième dynastie, cette date est au moins extrêmement probable.

Si nous calculons combien il a fallu de générations d'hommes pour remplir cet espace de quarante siècles, en comptant quatre générations par siècle, c'est-à-dire une de plus qu'on ne le fait souvent, nous arrivons à reconnaître que deux cents générations suffisent largement pour nous amener à cette époque où l'obscurité règne dans les annales des origines humaines.

Remarquons encore ici que les chiffres les moins élevés nous sont fournis par les Arians et les Grecs, et se rapportent à l'histoire des peuples qui marchent aujourd'hui à la tête de la civilisation du monde; que les dates les plus anciennes, au contraire, se rencontrent dans les annales des empires qui, après avoir dominé jadis par leurs lumières, ne suivent plus aujourd'hui la marche progressive des peuples relativement nouveaux.

En résumé, les dates que la tradition nous fournit ne vont pas au delà du XL^e siècle; là s'arrêtent les données historiques.

D'ailleurs, ces données ne nous disent absolument rien sur le commencement de l'espèce humaine, elles ne sont que spéciales à une race et à un peuple, et encore ne nous appren-

Digitized by Google

nent-elles rien sur le peuplement de la Chine et de l'Égypte. Elles ne nous fournissent donc aucun renseignement précis sur la question qui nous occupe, et ne peuvent que déterminer le moment où nous sommes obligés d'appeler à notre aide d'autres moyens d'investigation, s'il en existe. Pouvons-nous aller au delà, et pouvons-nous trouver l'équivalent de ces dates ,pour les contrées qui n'avaient pas d'histoire quand les annales de la Chine et de l'Égypte dataient déjà de plusieurs siècles ?

Il nous est aujourd'hui donné de répondre affirmativement, grâces à une science toute nouvelle, mais qui a déjà fait faire d'immenses progrès à la paléontologie et à l'étude de l'homme. C'est cette science que l'on pourrait appeler l'archéologie géologique, paléontologique ou anté-historique. En nous mettant entre les mains des monuments nouveaux où l'homme a laissé des traces de lui-même ou de son industrie, cette science nous a permis de franchir scientifiquement les limites de l'histoire.

Ces monuments, sur lesquels nous allons maintenant fixer notre attention, sont de quatre sortes; ils ont été observés en Danemark, en Suisse, en Italie, etc. Ce sont les *kjœkkenmœddings* ou débris de la cuisine des peuples anté-historiques, les marais tourbeux du Danemark, les habitations lacustres des lacs de la Suisse et de l'Italie, les grottes jadis habitées et qu'on retrouve sur des points très-divers.

Les *kjœkkenmœddings* sont des accumulations de coquillages et d'os, restes évidents de la cuisine des anciens habitants du Danemark. Ces débris se trouvent accumulés en monticules. On les rencontre dans les baies tranquilles, rarement battues par les flots, dispersés tout le long de ces rivages. Ils sont rarement placés à plus de 3 mètres au-dessus du niveau de la mer, mais toujours à une hauteur où ils sont à l'abri des flots; quelques-uns cependant ont été remaniés par les vagues, mais certainement par les vagues seulement. Ils ne se rencontrent d'ordinaire que sur le rivage, dans le voisinage immédiat de la mer.

Les *kjœkkenmœddings* étaient connus depuis longtemps, mais on les avait considérés comme des dépôts naturels. Une observation récente est venue montrer que ces amas étaient artificiels, et que l'homme seul avait pu les constituer. En effet, on y trouve réunies des espèces de pleine eau, qui, comme les huîtres, aiment le battement des vagues, et d'autres qui, comme les Bucardes et les Vénus, vivent enfouies dans la vase. Leur réunion en masse ne pouvait donc être qu'artificielle. En 1847, il se forma en Danemark une commission composée de trois savants illustres, Forchammer, Worsaal et Steenstrup, le célèbre professeur qui, le premier, coordonna les faits relatifs aux générations qu'il nomma alternantes. Cette commission étudia tous les kjœkkenmœddings du Danemark, et rassembla en une magnifique collection les restes de plus de dix mille échantillons déterminés d'animaux trouvés dans ces accumulations, témoins de l'homme anté-historique. Au milieu de ces coquilles, on a trouvé de nombreux ossements d'animaux; parmi eux, une seule espèce domestique, le chien, et ce fait, important à constater, nous permettra d'établir dans la suite des comparaisons qui nous serviront à fixer l'âge relatif des divers témoins que l'homme a laissés de son existence primitive. Les espèces sauvages y sont nombreuses; les plus communes sont l'*Urus* ou *Bos primigenius*, espèce entièrement disparue aujourd'hui, et le castor qui, depuis longtemps, a quitté ces contrées. On n'y a pas trouvé le renne. Quant aux débris d'industrie humaine, qu'on trouve parmi tous ces restes de cuisine, ce sont des instruments de pierre, des armes grossières, sans travail défini; les haches, coins et couteaux qu'on y trouve sont obtenus en faisant sauter la pierre. Cependant, on y a trouvé, mais rarement, quelques échantillons, toujours en pierre, accusant une industrie plus avancée.

Les marais tourbeux du Danemark ont permis d'établir de véritables époques dans l'histoire de l'homme anté-historique. Ces marais sont excessivement riches en ossements et en débris de l'industrie humaine ; on pourrait presque dire qu'il n'est pas un mètre carré de ces marais tourbeux qui ne nous ait gardé des preuves incontestables de l'existence de l'homme avant les temps où il commence à avoir son histoire (Steenstrup). On les divise en trois catégories : les *kjaermose* ou marais à prairies, que nous avons en France dans la Somme; les *lyngmoses* ou marais à bruyères, et les *skovmoses* ou marais à forêts, de beaucoup les plus importants.

Ces marais à forêts se sont formés dans des dépressions ou des excavations du terrain d'alluvion. Dans ces excavations, se sont déposées des couches nombreuses et différentes, tant par leur composition que par la nature des objets qu'elles renferment, et qu'il importe de bien déterminer.

On trouve d'abord dans le fond une couche argileuse, provenant du lavage des parois de l'excavation. Au-dessus, on rencontre une première couche de tourbe amorphe, se délayant dans l'eau, et dans laquelle on reconnaît des traces de végétaux d'ailleurs indéterminables. Vient ensuite une assise de tourbe composée surtout de mousse ou de *sphagnum*, dans laquelle sont accumulés des pins sylvestres, d'une végétation d'ailleurs peu vigoureuse; la tourbe qui les surmonte, composée de cryptogames plus élevés, est consolidée par d'autres espèces d'arbres, surtout l'orme, le noisetier et le chêne. Ainsi se sont remplies ces excavations qui parfois ont une profondeur de 30 mètres et plus.

Mais ce mode de formation des tourbières du Danemark est intimement lié à la végétation des parois de l'excavation désignées par les Allemands sous le nom de région extérieure. Sur ces parois, le pin sylvestre apparut le premier, et fut remplacé par le chêne. Ces arbres, après avoir ainsi poussé sur les bords de ces marais tombaient ensuite dans leur excavation, étaient conservés par la nature même du sol qu'ils consolidaient, et formaient ainsi des couches diverses qui, aujourd'hui, nous apprennent de la façon la plus évidente la succession des forêts du Danemark. Cette succession d'étages tourbeux de nature différente nous permet de faire plusieurs remarques importantes.

Le pin sylvestre n'existe plus dans le Danemark à l'état sauvage, et cela depuis les temps historiques; les pins qui y vivent actuellement y ont été introduits à des époques récentes, et dont on conserve la date. Les chênes (*Quercus robur*, *Q. sessilifolia*) en ont disparu depuis longtemps, et c'est à peine si l'on en trouve des traces dans le Jutland et les provinces les plus abandonnées. La forêt actuelle est formée du hêtre, dont la magnifique végétation dans ce pays est si ancienne, que le peuple le regarde comme l'arbre essentiellement caractéristique du Danemark.

De l'observation de ces faits, il résulte que nous pouvons établir trois périodes dans la végétation de ces contrées. La plus ancienne est la période du pin, complétement disparu au-

Digitized by Google

jourd'hui; la deuxième est la période du chêne, maintenant excessivement rare, et qui, dans les tourbières, se montre d'abord mêlée aux pins; la troisième période, enfin, sera la période du hêtre, qui vit encore en Danemark. Or, ces forêts successives sont de véritables musées, changeant leurs collections à chaque période de végétation nouvelle. La tourbe a gardé précieusement, et sans qu'ils aient été remaniés, les objets qui y tombèrent, et nous y trouvons la preuve de la présence de l'homme, attestée par les progrès successifs de son industrie.

L'homme manque totalement dans l'argile et dans la tourbe amorphe. Dans la couche qui vient ensuite, nous trouvons des traces d'industrie, des armes de pierre et d'os; à cette époque, les métaux sont encore inconnus. Vient ensuite une région où les ustensiles de pierre sont mêlés à des ustensiles de bronze. Vient enfin la période des armes de fer.

Tels sont les faits qui ont amené les savants danois, qui, les premiers, étudièrent ces tourbières, à établir dans l'histoire de l'homme anté-historique trois époques ou trois âges:

1° L'*âge de pierre*. A cette époque, les métaux sont inconnus; l'homme, pour se défendre ou satisfaire à ses besoins, emploie le silex en Danemark, d'autres pierres ailleurs, suivant la constitution de son sol. Déjà alors, il connaît le feu, et les traditions chinoises qui fixent à une époque récente sa découverte, sont ici démenties par l'observation des faits.

2° L'*âge de bronze*. L'homme a découvert et travaillé les métaux. Le bronze de cette période danoise a pour composition neuf parties de cuivre pour une partie d'étain, ce qui le distingue du bronze d'autres contrées.

Il semblerait qu'entre l'âge de pierre et l'âge de bronze, il dût y avoir un âge intermédiaire. L'un des deux métaux employés, le cuivre, se trouve dans la nature à l'état natif, et il est facile de le travailler, mais l'étain est rare en Europe, et pour former une arme de ces deux métaux, l'opération est double. Il semblerait donc naturel qu'avant de faire ce mélange, on eût employé le cuivre seul. C'est, en effet, ce qui eut lieu, comme cela résulte de découvertes récentes en Amérique.

3° L'*âge de fer* suppose une industrie plus avancée encore. Son minerai, en effet, est plus complexe, et exige, pour être réduit, une température plus élevée que le cuivre et l'étain. Cette période annonce donc un véritable perfectionnement dans les connaissances humaines, et, ce qui le prouve, c'est qu'en même temps apparaissent le verre, la monnaie et l'alphabet.

Voici donc bien déterminés trois âges dans l'histoire du Danemark, correspondant à des périodes diverses de la végétation de cette contrée. Ces observations furent confirmées par des recherches et des découvertes faites en Suisse.

Les investigations scientifiques ont mis au jour, dans cette contrée, une troisième espèce de monuments anté-historiques, qui ont reçu le nom d'habitations lacustres. On savait depuis longtemps qu'il existait dans les lacs de la Suisse des amas de pieux, encore dressés dans la vase ou renversés, autour desquels on avait souvent ramassé des instruments de pierre et des ustensiles d'un âge oublié; mais la question que nous étudions dans ce moment n'étant pas encore soulevée, on n'y avait pas prêté grande attention.

Dans l'hiver de 1853 à 1854, le docteur Keller passant à Zurich eut l'occasion d'examiner ces pieux et ces ustensiles, et fut frappé de l'analogie qu'il crut remarquer entre eux, et les objets récemment découverts en Danemark. Il se livra alors à une série de laborieuses recherches qui l'amenèrent à publier un travail complet sur les pilotages celtiques des anciennes habitations lacustres de la Suisse. On peut dire que ce travail révéla les faits d'archéologie les plus curieux. Grâce à ces recherches de Keller et d'une foule d'autres savants qui vinrent après lui, ces villages, qu'habitaient au milieu des flots l'homme primitif de ces contrées, sont entièrement reconstruits. Des pieux alignés, et que l'on a retrouvés en place, formaient un piloti supportant des planchers sur lesquels étaient établies ensuite les huttes qui servaient d'habitations. Ce singulier mode de construction n'a rien d'ailleurs qui doive nous étonner. Hérodote, depuis bien longtemps, nous avait décrit les habitations que les Pœoniens bâtissaient sur le lac Prusias; de nos jours encore, Dumont d'Urville nous a donné la description la plus minutieuse des cités marines des habitants de la baie de Dorée (Nouvelle-Guinée). Tout indique que les habitations de la Suisse étaient analogues à celles qui existent encore de nos jours, ou à celles dont l'histoire nous a gardé le souvenir.

Si l'on cherche la raison de cette étonnante manière de construire, on la trouve facilement dans la nécessité où étaient les hommes de se mettre en sûreté contre l'ennemi humain et les bêtes féroces. Rien n'était en effet plus sûr que ces habitations. Un pont les reliait au rivage; une série de pieux dont l'extrémité libre arrivait à fleur d'eau, empêchait l'approche des barques ennemies.

Des débris de l'industrie de ces premiers habitants de la Suisse sont tombés dans l'eau du lac, et ont été conservés par la vase; constatons qu'on y a retrouvé les trois âges établis en Danemark. Certaines habitations ne renferment que des pierres; il n'y a pas trace de métaux; les instruments de silex y sont rares, et comme celui qu'on y trouve ne vient pas de la contrée, il est permis de supposer que cette roche était alors l'objet d'un commerce d'échange entre des peuples éloignés. Les armes de cette période sont plus grossières là qu'ailleurs; on n'y trouve pas de ces fers de lance si bien taillés que le Danemark et d'autres régions nous fournissent. Dès l'âge de pierre, on trouve en Suisse le chien associé à la chèvre, au mouton, à la vache; et nous savons qu'à part le chien, ces espèces domestiques manquaient complétement en Danemark dans cette même période. Nous n'ajouterons rien ici sur les autres âges, et nous nous contenterons de dire que leur distinction a été confirmée par ces découvertes faites en Suisse.

Il est évident que ces renseignements sur l'existence successive d'époques diverses ne nous apprennent rien sur la date de l'arrivée de l'homme dans ces contrées. On a essayé de déterminer avec précision, et en années, la durée de ces différentes périodes; et, bien que les résultats soient nécessairement imparfaits et indécis, ils n'en ont pas moins un intérêt qu'on ne peut méconnaître.

La première tentative a porté sur les tourbières du Danemark. On a calculé qu'il fallait quarante siècles pour former l'ensemble des couches de tourbe que présentent les skovmoses; mais Steenstrup reconnaît lui-même que, dans des calculs de cette nature, on peut se tromper du simple au double.

Un calcul, qui peut nous amener à des résultats moins incertains, est celui que l'on doit à un savant Suisse, M. Morlot. Il est relatif au cône de déjection de la Tinière, torrent qui se jette dans le Léman, près de Villeneuve. Ce cône, composé de

Digitized by Google

sable et de gravier, a été dernièrement coupé par une tranchée de chemin de fer de 133 mètres de long sur 7 mètres de profondeur. Cette tranchée a mis à découvert trois couches de terre végétale, habitées successivement par l'homme et séparées les unes des autres par des couches de déjections. Le sol le plus supérieur, dans lequel on trouve des briques et des monnaies romaines, se trouve à 1m,50 au-dessous du cône actuel. Le second se trouve à 2m,97 de profondeur, et se rattache à l'âge de bronze, car, bien qu'on n'y ait trouvé qu'un seul instrument de bronze, les nombreuses poteries qu'on y rencontre sont en tout comparables à celles de l'âge de bronze dans d'autres contrées. Enfin, à 5m,69 se trouve le troisième sol, se rattachant à l'âge de pierre; ce sol fut habité en ce lieu, car on y trouve des charbons, des os cassés pour en extraire la moelle, etc.

M. Morlot fixe le commencement de l'époque romaine à laquelle appartient la première couche, à l'arrivée de Jules César dans ces contrées, et sa fin en 553. Partant de cette donnée, rien n'est plus facile que d'établir des proportions déterminant approximativement l'âge des différentes couches. Il arrive ainsi à attribuer à l'âge de bronze une antiquité de trois à quatre mille ans; fait remonter l'âge de pierre à quatre mille sept cents ou sept mille ans, et la totalité du cône à soixante-quatorze ou cent dix siècles.

Comme on le voit, ces chiffres ne sont pas très-élevés, et ceux de l'âge de pierre ne s'écartent pas tellement des dates fournies par l'histoire de l'Égypte. Mais il ne faut pas oublier que ces distinctions d'âges divers sont uniquement locales, que l'Égypte pouvait être civilisée, alors que les habitants de la Suisse étaient encore sauvages. Aujourd'hui que la civilisation s'est répandue dans le monde entier, les Esquimaux n'ont-ils pas gardé les instruments et les habitudes sauvages de l'âge de pierre?

Le cône de la Tinière, les habitations lacustres, les tourbières du Danemark et les kjœkkenmœddings appartiennent à la période géologique actuelle. Au delà des limites de l'histoire, ces monuments nous ont fourni des données précises et certaines sur l'homme que nous pouvons appeler *anté-historique*. Mais ne pouvons-nous pas aller encore plus loin, et rechercher au delà des formations géologiques les plus modernes des traces de son existence? Ceci se résume à établir la contemporanéité de l'homme et des espèces animales perdues ou éloignées aujourd'hui de nos contrées. Des faits récents nous permettent de résoudre ce nouveau problème de l'homme *fossile*, et c'est ce qui nous occupera dans notre prochaine leçon. — L. Hallez.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

COURS DE M. VULPIAN (1).

### XXXIV.

**Physiologie du système nerveux des Vertébrés. — Les Poissons.**

Le passage entre les Invertébrés, dont j'ai terminé l'histoire dans ma dernière leçon, et les Vertébrés, se fait assez brusquement. Cependant il existe un animal, l'Amphioxus ou *Branchiostoma lumbicum*, que des travaux récents, surtout ceux de M. de Quatrefages, nous ont fait connaître, et qui peut être considéré comme formant la transition entre le deuxième et le premier embranchement. M. Milne Edwards propose de placer ce Vertébré dégradé dans une division particulière; pour d'autres zoologistes, il doit être rangé parmi les Poissons. L'Amphioxus ne possède ni vertèbres proprement dites, ni cœur, ni sang rouge, ni cerveau distinct. Son squelette n'est représenté que par une tige cartilagineuse analogue à la corde dorsale qui se montre chez l'embryon des Vertébrés ordinaires, et qui y précède l'existence des vertèbres. La circulation s'effectue à l'aide de vaisseaux dont plusieurs points sont doués de mouvements rhythmiques, et ce sont les parois de la cavité pharyngienne qui remplissent le rôle d'un appareil branchial. Mais passons à son système nerveux qui est d'une très-grande simplicité. Il se réduit à la moelle épinière avec un renflement au niveau de l'origine de chaque paire nerveuse. Il n'y a réellement pas d'encéphale, et par conséquent on n'y reconnaît ni cerveau proprement dit, ni cervelet, ni moelle allongée. La moelle se termine en avant par un petit renflement semblable à tous ceux qu'elle porte sur son parcours, renflement qui donne naissance à un nerf optique et probablement à un nerf acoustique allant se rendre à l'appareil auditif indiqué par M. Kölliker. Il y aurait donc, relativement à la forme du système nerveux central, une certaine analogie entre l'Amphioxus et les Annelés : mais les différences qui les séparent sont bien plus considérables que cette analogie; car ici il n'y a rien qui ressemble au collier œsophagien des Annelés, et le système nerveux est situé au-dessus des principaux appareils de la vie organique et non pas au-dessous, comme il l'est chez les Annelés, ainsi que nous l'avons vu.

Chez les autres Poissons, nous retrouvons le type nerveux des Vertébrés bien mieux dessiné, bien plus arrêté. Il y a, chez la plupart, deux systèmes : le système cérébro-spinal et le système grand sympathique. Étudions le myélencéphale.

Je vous dirai peu de choses sur la moelle épinière, parce qu'elle diffère en général assez peu de celle des autres Vertébrés. Elle offre un canal central dans toute son étendue. Sa grosseur est assez considérable, si on la compare au petit volume de l'encéphale. Elle occupe en général toute la longueur du canal vertébral; mais il y a cependant quelques exceptions et les plus connues sont celles que nous montre le Poisson-lune (*Orthragoriscus mola*) et la Baudroie (*Lophius piscatorius*). Chez le premier de ces Poissons, la moelle épinière est très-courte, presque aussi courte que l'encéphale, et il paraît qu'elle présente des renflements ganglionnaires placés à la file les uns des autres. Nous n'avons pas pu examiner nous-même la moelle de ce Poisson; mais nous avons pu étudier complétement celle de la Baudroie. Elle paraît

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la 1re année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18, 25, 27, 29, 33, 36 et 37 de la 2e.

Digitized by Google

très-courte aussi, car on la perd de vue presque au niveau de la partie postérieure de la cavité crânienne, et elle n'est représentée, en apparence du moins, dans le canal vertébral que par la queue de cheval qui sort comme une double touffe serrée de la partie qui semble terminer la moelle à l'entrée du canal rachidien. Mais en réalité la moelle épinière ne se termine pas là. Si l'on écarte les cordons et filets nerveux de la queue de cheval, on reconnaît un volumineux *filum terminale* engaîné par ces cordons et filets nerveux et qui peut être suivi jusqu'à l'extrémité postérieure du canal rachidien, c'est-à-dire jusqu'à l'origine de la queue. Ce *filum terminale* contient manifestement de la substance blanche et de la substance grise, et il donne origine de distance en distance à des filaments nerveux. A son extrémité postérieure, près de la nageoire caudale, il se perd dans un renflement comme ganglionnaire d'où sortent plusieurs nerfs destinés sans doute à cette nageoire.

Je vous rappelle aussi qu'on avait indiqué la moelle du Lump (*Cyclopterus lumpus*) comme offrant des renflements plus ou moins analogues à ceux des animaux annelés, et je vous montre de nouveau la moelle d'un animal de cette espèce, de façon que vous puissiez bien vous convaincre par vous-mêmes qu'il n'y a point de renflements de cette sorte, et que cette moelle est tout à fait semblable à celle des Poissons ordinaires.

La moelle épinière qui présente la conformation la plus remarquable est celle de la Lamproie (*Petromyzon fluviatilis* ou *P. marinus*). Elle a la forme d'un ruban aplati. Elle est du reste élastique, assez résistante, et l'on peut même, après avoir retranché la queue et la tête de l'animal, la retirer tout d'une pièce par une des ouvertures ainsi faites au canal vertébral. Je vous ai d'ailleurs déjà montré cette moelle en vous parlant de la structure du cordon rachidien et vous exposant les recherches de M. Owsjannikow.

Je ne vous dirai rien de spécial de la moelle épinière des Sélaciens (Raies, Squales); elle est encore plus volumineuse relativement que celle des poissons osseux, et comme elle, elle présente un canal central, une substance grise d'un faible diamètre, entourée d'une couche épaisse de substance blanche. — Il y a, comme chez les Ostéoptérygiens, deux sillons médians, l'un antérieur et l'autre postérieur, qui règnent sur toute la longueur de la moelle. On distingue assez facilement dans la substance grise des cellules nerveuses multipolaires probablement reliées les unes aux autres par leurs prolongements, mais il est tout aussi difficile de démêler bien exactement les relations intercellulaires chez les Poissons que chez les autres Vertébrés. Je n'excepte même pas complétement la Lamproie : la structure de la moelle chez cet animal ne me paraît pas aussi simple que nous l'a représentée M. Owsjannikow.

Nous n'avons pas fait d'expériences spéciales sur la physiologie de la moelle épinière chez les Poissons; mais ce que nous savons de leurs racines nerveuses rachidiennes est tellement d'accord avec ce qui existe chez les autres Vertébrés que nous pouvons admettre, par une induction très-logique, que les diverses parties de la moelle ont chez les Poissons les mêmes fonctions que les parties correspondantes chez les Mammifères, Oiseaux, Reptiles et Batraciens.

### ENCÉPHALE DES POISSONS.

Pour étudier l'encéphale des Poissons, nous examinerons d'abord celui des Poissons osseux (*Ostéoptérygiens* ou *Ostichthes*), puis nous comparerons à l'encéphale de ces Poissons celui des Sélaciens, celui des Sturioniens et celui des Cyclostomes (*Lamproie*).

A. *Encéphale des Poissons osseux.* — Chez ces animaux, l'encéphale offre une configuration et une disposition assez constantes. Il y a toutefois des variations plus ou moins importantes dont je vous dirai quelques mots.

Prenons pour type l'encéphale de la Carpe. Vous pourrez voir sur les pièces que je mets sur vos yeux les diverses parties dont je vais vous parler. Nous examinerons d'abord l'encéphale par sa face supérieure.

En avant de l'encéphale, à une distance assez grande de la masse nerveuse qui le constitue, se trouvent deux petits corps sphéroïdaux, grisâtres, manifestement composés de matière nerveuse. Ce sont les lobules olfactifs, lesquels sont reliés à l'encéphale par deux tractus blanchâtres que vous reconnaissez immédiatement pour les analogues des processus olfactifs des vertébrés supérieurs.

Les processus olfactifs prennent origine à la face inférieure des premiers renflements de l'encéphale. Ces renflements sont les lobes cérébraux. Ils n'ont pas été déterminés ainsi par tous les auteurs. Quelques-uns ont voulu y voir des lobes olfactifs; mais il n'est pas douteux que la véritable détermination ne soit celle que je viens d'indiquer. Tiedemann, tout en l'acceptant, la modifiait cependant, car il voyait dans ces renflements les lobes cérébraux réduits aux corps striés. Cette manière de voir ne me paraît pas suffisamment justifiée. Ces deux lobes sont reliés l'un à l'autre par une commissure représentant la commissure antérieure. C'est à ces lobes que viennent se rendre les pédoncules cérébraux; quelquefois on observe des circonvolutions rudimentaires et des rudiments de ventricules latéraux, analogues à ceux des oiseaux; enfin, comme je vous l'ai dit, c'est de là que naissent les processus olfactifs. Ces diverses raisons nous autorisent complétement à considérer ces lobes comme de vrais lobes cérébraux.

En arrière des lobes cérébraux, nous trouvons la glande pinéale, munie de pédoncules grêles, lesquels vont s'insérer sur la face supérieure des pédoncules cérébraux. La présence de ce petit corps en arrière des renflements dont nous venons de dire quelques mots donne un appui des plus solides à la détermination que nous en avons faite.

Digitized by Google

Toujours en regardant l'encéphale par sa face supérieure, on aperçoit encore en arrière des lobes cérébraux, les lobes optiques qui sont les analogues des tubercules bijumeaux des Oiseaux et Reptiles. Tous les auteurs ne sont pas de cet avis; pour Camper ce seraient les lobes cérébraux; pour Leuret, ces lobes représenteraient à la fois les tubercules bijumeaux et certaines parties intégrantes du cerveau proprement dit, à savoir le corps calleux, la voûte à trois piliers, la cloison transparente, les corps striés. Ce qui nous montre que ce sont là les lobes optiques, c'est leur position en arrière de la glande pinéale, en avant de la quatrième paire des nerfs crâniens (nerfs pathétiques) dont l'origine chez tous les vertébrés se trouve en arrière des tubercules bijumeaux ou quadrijumeaux. Enfin, ces tubercules donnent naissance aux nerfs optiques. Une circonstance qui a pu contribuer à écarter certains auteurs de la véritable signification anatomique de ces lobes, c'est qu'ils sont rapprochés l'un de l'autre et accolés sur la ligne médiane, tandis que chez les Oiseaux, par exemple, ils sont déjà rejetés sur les côtés. Mais un simple coup d'œil jeté sur l'encéphale des Reptiles et des Batraciens montre que leurs lobes optiques ou tubercules bijumeaux sont accolés aussi l'un à l'autre sur la ligne médiane. De plus, chez les Oiseaux eux-mêmes, une disposition tout à fait semblable se montre pendant la période embryonnaire. On pourrait objecter aussi contre la qualification de tubercules bijumeaux, le volume considérable de ces parties comparé à celui des lobes cérébraux; mais vous pouvez voir en examinant cette série de pièces anatomiques, que les tubercules bijumeaux chez l'embryon de Poulet, à un certain moment du développement, sont plus gros que les lobes cérébraux.

Mais ce qui pourrait surtout faire hésiter sur la dénomination à donner à ces renflements particuliers, c'est la complication considérable de leur contexture, comparée à la simplicité apparente de la constitution des tubercules bijumeaux.

Les tubercules optiques des Poissons sont creux, et la cavité de chacun des tubercules communique librement avec celle de l'autre tubercule. Les parois de ces cavités sont reliées l'une à l'autre sur la ligne médiane par des fibres nerveuses transversales; ces fibres d'ordinaire ne sont pas visibles sans préparation, à cause de l'affrontement exact des parois des deux tubercules sur la ligne médiane; mais, chez la Carpe, les parois sont séparées l'une de l'autre par un intervalle de forme triangulaire à sommet en avant, à base en arrière, et, dans cet intervalle, on voit immédiatement les fibres commissurales dont je viens de parler. C'est l'ensemble de ces fibres qui a été désigné par quelques anatomistes sous le nom de *corps calleux*, désignation évidemment erronée. Quand on ouvre les lobes optiques, on voit au-dessous de ce prétendu corps calleux, deux petites bandelettes unies quelquefois l'une à l'autre sur la ligne médiane, quelquefois s'écartant angulairement l'une de l'autre, d'avant en arrière, et lorsqu'on les suit en avant, on les voit aller se mettre en rapport avec une commissure blanche très-nette qui repose sur le fond de la cavité des tubercules et qui a une direction transversale. Les bandelettes en question ont été nommées, à tort aussi, *voûte à trois piliers :* elles ne sont en définitive que des prolongements de la commissure dont nous venons de parler. Chez les autres Vertébrés, nous avons d'ailleurs retrouvé une disposition semblable, plus ou moins masquée par la soudure des prolongements membraniformes avec la substance des lobes optiques. Quant à la commissure d'où partent ces prolongements, et qui est située au devant de l'ouverture supérieure de l'infundibulum, c'est la commissure des *nates* chez les Mammifères. Au-dessous de ces bandelettes on rencontre deux fortes saillies accolées latéralement l'une à l'autre sur la ligne médiane. Ces saillies sont en relation en arrière avec le cervelet, et elles reçoivent par leur base un faisceau assez volumineux, détaché des pédoncules cérébraux. Que sont ces saillies? On ne les retrouve pas nettement chez les autres Vertébrés.

Toutefois, nous avons vu des renflements du même genre, et très-développés aussi, chez le Caïman. Ne pouvant pour le moment déterminer avec précision leur signification anatomique, nous les désignons sous le nom de renflements médians intérieurs des lobes optiques. Leur forme la plus ordinaire est celle d'*S* couchés tête à tête sur le fond de la cavité des lobes optiques. Ces deux renflements sont circonscrits à leur base, en dehors, par deux saillies grisâtres, réniformes, que Haller a nommées *tori semi-circulares*. — Du bord externe et convexe de chacune de ces saillies partent en rayonnant des expansions fibreuses du pédoncule cérébral correspondant, lesquelles vont former en partie la couche interne de la paroi des lobes optiques. Du milieu même de la face supérieure de la même saillie, et sur toute sa longueur antéro-postérieure, sort une autre lame fibreuse qui va également se rendre à la couche interne de la paroi du lobe, en traversant obliquement de dedans en dehors et de bas en haut la cavité qu'elle subdivise en deux chambres. Ces *tori semi-circulares* ont été comparés aux corps striés; mais certainement c'est encore une détermination fautive. Nous sommes du reste contraints de conserver le nom donné par Haller, car nous ignorons à quelle partie de l'encéphale des autres Vertébrés correspondent ces saillies.

Quelle que soit la complication des lobes optiques, nous ne voyons pas qu'il faille abandonner une détermination qui nous est indiquée d'une façon pour ainsi dire impérieuse par les connexions et les rapports de ces corps. La position de la glande pinéale au devant d'eux, l'origine des nerfs pathétiques à leur partie postérieure, et enfin leurs relations avec les nerfs optiques dont elles sont les vrais noyaux d'origine, ne sauraient nous laisser le moindre doute à cet égard.

Les nerfs optiques naissent bien de ces lobes comme

Digitized by Google

vous pouvez le voir. Ils proviennent des fibres blanches qui forment la couche superficielle des parois de ces lobes. Une couche de substance grise située entre cette couche blanche superficielle et la couche blanche profonde constituée par les irradiations pédonculaires qui émanent des *tori semi-circulares*, complète la structure de ces parois.

En arrière des lobes optiques, toujours sur la face supérieure, nous voyons le cervelet. Il offre la forme d'un mamelon grisâtre, saillant en arrière. On reconnaît sur sa face supérieure un sillon médian antéro-postérieur. Lorsqu'on examine le cervelet sur une coupe médiane antéro-postérieure de l'encéphale, on constate qu'il est constitué par une masse bien plus allongée qu'elle ne le paraissait sur l'encéphale intact, masse qui est repliée sur elle-même d'arrière en avant et de haut en bas, de telle sorte que le sommet du cervelet, tel qu'on le voit avant toute préparation, n'est que le sommet du pli de la lame épaisse de substance nerveuse qui forme cette partie de l'encéphale.

Enfin tout à fait en arrière, au-dessous du cervelet et sur les côtés de la moelle allongée, vous pouvez voir, sur sa face supérieure, des renflements grisâtres de forme et de dispositions toutes particulières. Ce sont les lobes supérieurs de la moelle allongée, lesquels ne sont autre chose que les noyaux d'origine de plusieurs nerfs crâniens, entre autres des nerfs trijumeau et pneumogastrique. Ces foyers d'origines nerveuses, inclus dans les parties centrales du bulbe rachidien chez les Vertébrés supérieurs, sont devenus ici extérieurs.

Si nous considérons maintenant l'encéphale des Poissons par sa face inférieure, nous voyons la face inférieure des lobes cérébraux, les nerfs optiques qui au lieu de présenter un chiasma, une décussation fasciculée comme chez les animaux supérieurs, ne font ici que se croiser en se superposant. En arrière des nerfs optiques, vous apercevez un petit renflement grisâtre globuleux supporté par un pédicule assez court, grisâtre aussi, qui vient se fixer à la base de l'encéphale, entre deux renflements dont nous allons parler. Ce corps est le corps pituitaire, et le pédicule qui le soutient est la tige pituitaire. De chaque côté de la tige pituitaire se trouvent deux renflements volumineux auxquels par analogie de rapports quelques auteurs ont donné le nom de tubercules mamillaires. Mais ces corps si remarquables par leur volume relativement considérable, ne sont évidemment pas les analogues des tubercules mamillaires des Vertébrés supérieurs, et l'on ne sait pas encore si elles correspondent à des parties existant chez les autres Vertébrés.

Pour terminer cette description abrégée, disons que l'encéphale des Poissons présente des commissures assez nombreuses. J'ai déjà indiqué la commissure qui unit l'un à l'autre les deux lobes cérébraux, et la commissure qui se voit sur le plancher de la cavité des lobes optiques. On trouve encore une commissure transversale en avant des lobes inférieurs de la moelle allongée, en arrière du croisement des nerfs optiques, et l'on en trouve une autre non moins évidente en arrière de ces mêmes lobes (tubercules mamillaires de quelques auteurs). Cette dernière commissure est même d'autant plus digne d'attention, qu'il y a, à son niveau, entrecroisement d'un certain nombre de fibres des faisceaux du bulbe rachidien. On voit un autre entrecroisement au niveau du sillon médian antéro-postérieur de la face inférieure du bulbe, à une petite distance en arrière du bord postérieur des prétendus tubercules mamillaires. C'est l'analogue de l'entrecroisement des pyramides antérieures de l'homme (pyramides inférieures des autres Mammifères).

Il y a enfin des ventricules encéphaliques. On trouve parfois des rudiments de ventricules latéraux dans les lobes cérébraux, puis il y a dans les lobes optiques un vaste ventricule qui n'est autre chose qu'un développement considérable de l'aqueduc de Sylvius, puis au-dessous du cervelet se montre un quatrième ventricule bordé et quelquefois même recouvert (comme chez la Carpe) par les renflements latéraux de la moelle allongée.

Le type, dont je viens d'esquisser la description, offre des variations plus ou moins prononcées chez les représentants des autres groupes de Poissons osseux. Je ne puis m'attarder en vous mentionnant toutes ces variations. Les principales consistent d'ailleurs : 1° dans la disparition plus ou moins complète, chez beaucoup de poissons, des processus olfactifs, de telle sorte que les lobules olfactifs sont tout à fait en contact avec les lobes cérébraux (*Perche*, *Brochet*, *Saumon*, etc.); 2° dans l'apparence extérieure du cervelet, lequel est lisse ou à peu près, chez la Carpe et la plupart des Poissons, tandis que, chez quelques autres, il offre à sa surface des sillons parfois bien marqués, transversaux, parallèles, qui divisent sa couche corticale en sortes de lamelles assez analogues aux lamelles du cervelet chez les Vertébrés supérieurs, surtout à celles du cervelet des Oiseaux (*Maquereau*, *Vieille de mer*, *Muge*); 3° enfin dans le développement plus ou moins grand des lobes latéro-postérieurs de la moelle allongée. Ces lobes, si volumineux chez la Carpe, se réduisent chez beaucoup de Poissons à des lamelles grises assez minces qui bordent latéralement les parties postérieures du quatrième ventricule (Brochet, Pleuronectes, par exemple). Chez d'autres Poissons, chez les Trigles, ils sont peut-être encore plus développés que chez la Carpe et forment sur la moelle allongée une série de cinq ou six renflements de chaque côté, accolés sur la ligne médiane.

B. *Encéphale des Sturioniens.* — L'encéphale de l'Esturgeon, sous bien des rapports, pourrait former la transition entre l'encéphale des Poissons osseux et celui des Sélaciens. On y reconnaît facilement les parties que nous avons énumérées chez les Poissons osseux. Il y a, à la partie antérieure de l'encéphale, deux renflements :

Digitized by Google

ce sont les lobules olfactifs qui sont ici rapprochés du cerveau proprement dit comme chez beaucoup de Poissons osseux. En arrière de ces lobules se voit le cerveau proprement dit dont les deux lobes, au lieu d'être tout à fait disjoints et reliés seulement l'un à l'autre par une commissure blanche et grêle, sont réunis ici l'un à l'autre dans une grande partie de leurs faces latérales juxtaposées, rappelant ainsi la réunion si complète en un seul renflement, telle qu'on la trouve chez les Sélaciens.

Derrière le cerveau proprement dit, nous apercevons les lobes optiques ou tubercules bijumeaux dont la cavité ne contient aucun des renflements que présente la cavité de ces tubercules chez les Poissons osseux.

Le cervelet qui fait suite aux lobes optiques est certainement la partie la plus modifiée chez ces Poissons, car il est réduit au minimum du développement. Ce que beaucoup d'auteurs décrivent comme le cervelet chez ces Poissons n'est autre chose qu'une pelote de graisse traversée par quelques fibres nerveuses. Lorsqu'on a enlevé cet amas graisseux, on reconnaît que le cervelet n'existe pour ainsi dire pas; il n'est représenté que par de petits mamelons de substance nerveuse grise, supportés par des prolongements transversaux des renflements latéro-postérieurs de la moelle allongée. Et ce qu'il faut bien noter, c'est que ces petits renflements ne sont pas les analogues du vrai cervelet des Sélaciens, car, chez ces derniers Poissons, ils existent presque avec la même forme et la même disposition au-dessous du cervelet.

Enfin, il y a un vaste quatrième ventricule, de forme triangulaire, à sommet postérieur, à base antérieure. Il est comme encadré par les renflements latéro-postérieurs de la moelle allongée, renflements qui sont sous forme de bourrelets se rencontrant en arrière à l'angle postérieur du ventricule et en avant se trouvant unis par les prolongements qui portent les petits mamelons de substance grise, seuls vestiges, et vestiges bien incomplets, du cervelet des autres Poissons.

Ce qu'il y a de plus saillant à faire remarquer à la base, c'est le volume du corps pituitaire et la modification qui a changé les prétendus tubercules mamillaires en sacs vasculaires.

C. *Encéphale des Sélaciens.* — Chez ces Poissons, les *lobules* ou *bulbes olfactifs*, qui ont un volume considérable, sont reliés au cerveau proprement dit par des processus dont la longueur est très-variable. Tantôt ces processus sont très-longs comme chez la Raie, l'Ange, la Torpille; tantôt ils ont une longueur moindre, comme chez le Squale-nez; tantôt enfin, ils sont très-courts et les bulbes olfactifs sont presque sessiles, comme chez l'Aiguillat, l'Émissole, les Roussettes.

Les *lobes cérébraux*, chez les Sélaciens, sont soudés l'un à l'autre sur la ligne médiane et forment une seule masse, de forme triangulaire, à la surface supérieure de laquelle se dessinent souvent des dépressions plus ou moins accusées, circonscrivant ainsi des circonvolutions très-rudimentaires.

Les *lobes optiques* qui suivent d'avant en arrière le cerveau proprement dit ne sont pas ici en rapport, en avant, avec une glande pinéale véritable. On ne voit, entre ces lobes et le cerveau que les pédoncules cérébraux séparés par une gouttière que les membranes encéphaliques transforment en une sorte de canal, et qui sont recouverts, près des lobes optiques, par les racines des nerfs optiques. Ces racines, formant une sorte de croissant, à bord antérieur, sur chaque pédoncule cérébral, ont été prises par plusieurs anatomistes pour des *couches optiques*. Inutile d'insister pour démontrer que c'était là une erreur des plus complètes.

Les lobes optiques ne contiennent aucun des renflements dont nous avons constaté l'existence chez les Poissons osseux.

Le *cervelet* est séparé des lobes optiques par l'origine des nerfs pathétiques. C'est la partie qui varie le plus chez les Sélaciens. Il est d'ailleurs toujours d'un volume assez considérable. Chez la Raie, il a la forme d'une sorte de losange allongé d'avant en arrière, à angles mousses. Il offre un sillon crucial qui semble le partager en quatre parties. Seul le sillon antéro-postérieur pénètre dans toute l'épaisseur de l'organe et le divise réellement en deux moitiés latérales. D'autres dépressions se voient encore sur la face supérieure du cervelet. On trouve une configuration analogue chez les Roussettes, chez l'Aiguillat (*Squalus acanthias*); mais les dépressions sont moins nombreuses et moins étendues, et le cervelet d'ailleurs est moins volumineux. Le cervelet reprend la forme d'un mamelon (forme presque constante des Poissons osseux) chez l'Ange (*Squatina angelus*). La forme change d'une autre façon chez l'Émissole (*Squalus mustelus*); là, le cervelet présente en avant des dépressions profondes transversales, partageant sa partie antérieure en grosses lames transversales parallèles. Le tiers postérieur du cervelet offre bien encore des dépressions dans le même sens, mais elles ne sont pas aussi régulièrement disposées. La division en lames transversales acquiert tout son développement dans les genres qui se rapprochent le plus de celui du Requin, et chez le Requin lui-même (*Squalus carcharias*). Voici des encéphales de Squale renard (*Squalus vulpes*) et de Squale-nez (*Squalus cornubicus*). Vous pouvez voir combien est prononcée la division du cervelet en lames transversales.

Les *renflements postéro-latéraux* de la moelle allongée sont ici sous forme de bourrelets ou de lames de substance grise, de configuration plus ou moins compliquée, bordant de chaque côté le quatrième ventricule et se réunissant transversalement au-dessous du cervelet en donnant naissance à leur point de rencontre à deux ou quatre mamelons analogues à ceux que nous avons trouvés chez les Sturioniens.

Digitized by Google

A la face inférieure de l'encéphale, nous voyons les nerfs optiques qui présentent, contrairement à ce que nous avons vu chez les Poissons osseux, un véritable *chiasma*. En arrière du chiasma se trouvent les deux renflements creux et arrondis qui ont été à tort désignés sous le nom de *tubercules mamillaires*. Et entre ces renflements est l'ouverture extérieure de l'infundibulum sur laquelle s'adapte la *tige pituitaire*, laquelle est en rapport avec un *corps pituitaire* de figure compliquée et d'un volume considérable. La cavité des lobes inférieurs de la moelle allongée communique avec le canal infundibulaire.

Chez la plupart des Sélaciens, on trouve en arrière des prétendus tubercules mamillaires, un peu latéralement, deux sacs membraneux extrêmement vasculaires, offrant par suite une coloration rouge très-vive. On rencontre en général aussi deux autres sacs vasculaires analogues situés sur les parties latérales et postérieures du cervelet, paraissant avoir leur pédicule entre le cervelet et les lames grises latérales de la moelle allongée.

D. *Encéphale des Cyclostomes.* — Chez la Lamproie (*Petromyzon marinus*), que nous prendrons comme type, l'encéphale se rapproche de celui des Poissons envisagés en général; mais il offre un certain nombre de caractères particuliers sur lesquels je ne puis insister. Il est extrêmement difficile de s'assurer s'il y a, oui ou non, des lobules olfactifs.

Le cerveau proprement dit est constitué par deux lobes séparés l'un de l'autre, mais reliés probablement par une commissure blanche. On voit entre le cerveau et les lobes optiques un intervalle assez long dans lequel s'aperçoivent les pédoncules cérébraux, contournés à leur partie postérieure par les nerfs optiques.

Puis viennent les lobes optiques formés chacun d'une mince coque hémisphérique contenant un renflement blanchâtre. Les renflements se réunissent l'un à l'autre sur la ligne médiane et peuvent se voir en cet endroit sans préparation, parce que les coques des lobes optiques restent écartées l'une de l'autre à ce niveau. En arrière des lobes optiques naissent les nerfs pathétiques qui les séparent du cervelet. Or, ce cervelet est ici encore plus rudimentaire s'il est possible que l'Esturgeon. Les lames latérales du quatrième ventricule qui sont très-minces, viennent à la rencontre l'une de l'autre en arrière des lobes optiques et s'unissent sur la ligne médiane sans offrir le moindre renflement. Ce cervelet représente parfaitement la première période du développement du cervelet chez les vertébrés supérieurs. C'est ce dont vous pouvez bien vous rendre compte en examinant cet embryon de poulet âgé de cinq jours. A la base de l'encéphale de la Lamproie, on ne voit rien qui représente les lobes inférieurs de la moelle allongée.

Telle est, faite d'une façon très-sommaire, la description anatomique de l'encéphale des Poissons. Je ne puis malheureusement pas, à cause du peu de temps qui nous reste, exposer la structure des diverses parties de l'encéphale.

Cette étude confirmerait pleinement la détermination que nous avons adoptée relativement à la signification de ces parties. Je tenais à vous faire cette description de l'encéphale des Poissons, parce qu'il s'agit là d'un point encore bien controversé de l'anatomie comparée du cerveau. Or, les recherches que nous avons faites, M. Philipeaux et moi, sur un nombre très-considérable d'espèces de Poissons, nous ont conduits définitivement aux résultats que je viens de vous montrer. Et ces résultats, je ne crains pas de le dire, sont incontestables. Je puis d'autant plus l'affirmer, que nos premières études, faute d'une comparaison assez étendue, nous avaient conduits à des conclusions bien différentes de celles-ci. Les propositions qui résumaient notre premier travail ont été publiées il y a douze ans, et depuis lors, nous avons constamment poursuivi nos investigations. Notre conviction est bien établie aujourd'hui : sauf quelques points encore douteux, la description que nous avons donnée nous paraît la représentation exacte et définitive de la réalité.

Avant de passer à la physiologie du myélencéphale des Poissons, disons un mot du grand sympathique chez ces animaux. Il n'existerait pas, paraît-il, chez les Cyclostomes, au dire de Müller, Schlemm, Dalton et Stannius, et il a été bien peu étudié chez les Chondroptérygiens. Chez les Poissons osseux, il y a des ganglions assez volumineux, avec une disposition plus ou moins analogue à celle du grand sympathique des autres Vertébrés. Quelquefois on ne trouve pas un ganglion d'un côté, surtout dans la région céphalique, alors la distribution des fibres est faite par le ganglion du côté opposé : c'est ce que vous pouvez voir par exemple sur cette préparation faite sur un Congre (*Muræna conger*). Il est certain que l'ablation du ganglion cervical supérieur produirait les effets connus chez les Mammifères, car ce ganglion fournit des filets ciliaires.

*Physiologie.* — Un des faits les plus remarquables de l'étude du système nerveux des Poissons, au point de vue physiologique, c'est la petitesse relative de l'encéphale et surtout la réduction énorme du cerveau proprement dit coïncidant avec une intelligence des plus restreintes.

Y a-t-il entrecroisement chez les Poissons comme chez les Vertébrés supérieurs? L'expérience ne nous apprend pas grand'chose à ce sujet. Cependant l'excitation d'un des lobes optiques détermine des secousses et des convulsions des deux côtés, convulsions plus marquées du côté excité; mais il y a une réaction générale de douleur, et il est difficile de déterminer si le mouvement du côté opposé ne fait pas partie de la réaction générale. L'anatomie cette fois est plus éloquente. Vous vous rappelez ce que je vous ai dit il y a quelques instants : il y a au moins deux entrecroisements au niveau des fais-

Digitized by Google

ceaux de la moelle allongée, et, par conséquent, il est bien certain que les excitations qui portent sur certaines régions de l'encéphale doivent se transmettre d'une façon croisée.

Au point de vue expérimental, nous allons vous donner les résultats que produit la blessure des divers renflements, résultats déjà indiqués bien nettement par M. Flourens. La blessure des lobes cérébraux ne produit qu'une modification très-légère, très-difficile à démêler. Il y a cependant une convulsion au moment où l'on coupe les pédoncules cérébraux. L'ablation d'un lobe bijumeau abolit la vue du côté opposé; mais il n'y a pas de convulsion lorsqu'on lèse les parties superficielles, tandis qu'il y a convulsion lorsqu'on blesse les parties profondes. Dans ce cas, on observe une rotation comme nous l'avons indiqué, et comme l'a observé aussi M. Baudelot. Tantôt on obtient un mouvement en manége, tantôt un mouvement autour de l'axe longitudinal ou bien encore un mouvement combiné, formé pour ainsi dire de ces deux mouvements. La blessure du cervelet ne donne presque aucun effet appréciable. Quelquefois on observe des mouvements déréglés; mais ils sont produits probablement par une lésion des parties sous-jacentes. D'ailleurs le grand développement du cervelet semblerait indiquer qu'il a des fonctions spéciales chez les Poissons; mais on ne sait pas encore lesquelles. La blessure des lobes supéro-postérieurs produit des convulsions générales, un mouvement de rotation et l'abolition du mouvement de l'opercule du côté correspondant. Enfin la section du nœud vital qui se trouve, chez les Poissons, à peu près au niveau de la limite postérieure du cervelet, produit un arrêt immédiat de tous les mouvements, surtout de ceux des opercules et des parois buccales.

Avant de terminer, je veux vous montrer l'action d'un poison particulier sur quelques Poissons. A cause du milieu dans lequel ils vivent, il est souvent difficile d'étudier sur eux l'action des poisons; mais il en est un qui produit des effets très-remarquables. Je veux parler de la cyclamine que l'on obtient d'une plante de la famille des Lysimachiées (*Cyclamen europæum* ou Pain-de-pourceau). Les pêcheurs de la baie de Naples en connaissent fort bien les effets. Ils répandent à la mer de la décoction de Cyclamen et le lendemain ils viennent ramasser les Poissons que ce poison a tués. Ce poison du reste n'altère en rien les propriétés comestibles des Poissons. Je fais l'expérience sur les Poissons et les têtards de Grenouilles placés devant vous et vous allez les voir mourir dans quelques instants. On avait attribué autrefois à la cyclamine une action spéciale sur le système nerveux, et c'est pour cela que je vous ai rendus témoins de l'expérience. Je puis vous affirmer qu'il n'en est rien : la cyclamine agit primitivement sur la peau et sur les branchies de l'animal comme vésicant; et c'est là probablement le mécanisme de l'influence léthifère de cette matière toxique.

E. Bremond.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

### COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### XV.

**Chaleur de formation des composés organiques ternaires et quaternaires.**

Les composés ternaires, c'est-à-dire les corps formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, ont pour principaux représentants les alcools, les acides, les aldéhydes, les éthers.

Occupons-nous d'abord des alcools.

*Alcools.*

J'ai donné deux méthodes générales de formation.

1° La première consiste à fixer sur les hydrogènes carbonés une molécule d'eau :

$$C^4H^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2.$$

2° La seconde consiste à remplacer l'hydrogène par les éléments de l'eau dans un carbure :

$$C^2H^4 + H^2O^2 - H^2 = C^2H^4O^2,$$

équation qui équivaut à cette autre encore plus simple :

$$C^2H^4 + O^2 = C^2H^4O^2.$$

Voyons les phénomènes calorifiques qui répondent à ces deux méthodes générales.

1° Soit l'éthylène $C^4H^4$, et proposons-nous de la transformer en alcool. — Notre système initial sera :

$$C^4H^4 + H^2O^2 + O^{12};$$

par sa combustion il se formera :

$$2C^2O^4 + 3H^2O^2 \text{ dégageant } 334\,000 \text{ calories (2).}$$

Combinons maintenant ces deux groupes pour avoir l'alcool :

$$C^4H^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2,$$

on obtient par la combustion de l'alcool les mêmes produits :

$$2C^2O^4 + 3H^2O^2.$$

Or, cette dernière combustion dégage 321 000 calories (3); Différence 13 000 calories : telle est la quantité de chaleur *dégagée* lors de la combinaison du gaz oléfiant avec l'eau.

En examinant les phénomènes de plus près et en se mettant dans des conditions comparables, c'est-à-dire en ramenant tous les corps à l'état gazeux, on arrive à un résultat identique. Il suffit pour cela de déterminer

---

(1) Voyez les nos 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 37 et 38; et pour le cours du premier semestre, les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

(2) D'après Dulong, on a pour $C^4H^4$. 336 800
— Favre et Silbermann... 332 000 } moyenne.. 334 300.
— Andrews..... 334 400

(3) Dulong..... 317 800
Favre et Silbermann..... 330 500 } moyenne. 321 100.
Andrews..... 315 000

Digitized by Google

les quantités de chaleur nécessaires pour porter les divers corps à 200 degrés, par exemple,

L'eau, $H^2O^2$, de 0 à 200°, sous la pression $0^m,760$, absorbe 12 300 calor.

$C^4H^4$ ..... 2 400

14 700 calor.

Or, l'alcool pour passer de 0 à 200 degrés, sous la pression $0^m,760$, absorbe précisément 14 700 calories.

C'est là un résultat très-important à noter, car on pourrait croire que l'on doit avoir en plus à la température ordinaire la chaleur due à la liquéfaction du gaz oléfiant.

Pour comprendre ce qui arrive dans cette circonstance, examinons la question à un point de vue plus général.

Soit les chaleurs de formation d'un même composé à 0 et à 200 degrés.

Pour calculer la seconde, la chaleur de combinaison trouvée à 0 degré doit être accrue de la quantité U—V, U étant la chaleur absorbée par les composants (eau et gaz oléfiant), entre 0 et 200 degrés, et V étant la chaleur absorbée par le composé (alcool) dans le même intervalle.

Or, U se compose de deux parties :

1° Le produit du nombre qui exprime la température par la chaleur spécifique des composants dans cet intervalle ;

2° Les chaleurs de vaporisation de ceux des composants qui deviennent gazeux dans cet intervalle.

V se compose de deux parties semblables relatives au composé.

Dans la plupart des cas, la partie relative aux chaleurs spécifiques ne diffère pas beaucoup dans les deux termes U et V, et disparaît presque dans leur différence U—V ; la principale variation sera donc reportée sur les chaleurs de vaporisation.

Or, l'expérience prouve que pour produire des volumes gazeux égaux de différents corps, il faut des quantités de chaleur qui ne diffèrent pas beaucoup les unes des autres, du moins si on les compare aux chaleurs de combustion.

Voici quelques nombres qui montrent l'étendue de ces différences.

La formation d'un volume de vapeur d'eau exprimé par

| | | |
|---|---|---|
| $H^2O^2$ ..... | absorbe sous la pression atmosphérique. | 9600 |
| $C^2H^4O^2$ ..... | alcool méthylique..... | 8400 |
| $C^4H^6O^2$ ..... | alcool ordinaire..... | 9600 |
| $C^{10}H^{10}O^2$ ..... | alcool amylique..... | 10400 |
| $C^4H^4$ ($C^4H^6O^2$).. | éther ordinaire..... | 7700 |
| $C^4H^4$ ($C^4H^4O^4$).. | éther acétique..... | 9400 |
| $S^2O^4$ ..... | acide sulfureux..... | 6000 |
| $C^{20}H^{16}$ ..... | essence de térébenthine..... | 9400 |
| $I^2$ ..... | iode ..... | 6100 |
| $Br^2$ ..... | brome..... | 7300 |

Etc., etc.

Ces nombres oscillent entre 6000 et 10 000 calories. En moyenne, pour réduire à l'état gazeux 1 équivalent d'un corps (4 vol.), il faut 8 à 9000 calories. C'est là évidemment un chiffre qui ne peut conduire qu'à un résultat approximatif. Mais l'erreur extrême ne dépasse pas en général 2 ou 3000 calories, c'est-à-dire un chiffre qui disparaît vis-à-vis des erreurs commises dans les expériences relatives aux chaleurs de combustion.

Ceci posé, étant donné la chaleur dégagée dans la formation d'un composé à 0 degré, dans la plupart des cas, on obtiendra approximativement la chaleur dégagée à la température à laquelle le composé et ses composants sont gazeux, en réduisant les corrections U—V aux chaleurs de vaporisation (rapportées au même volume gazeux) ; chacune de ces chaleurs pourra d'ailleurs être calculée sans erreur notable, en leur attribuant la valeur commune 8000 calories. — Si donc le volume des composants qui deviennent gazeux par suite d'un changement de température est le même que celui du composé qui devient également gazeux dans le même intervalle de température, la chaleur dégagée lors de la formation dudit composé sera à peu près la même aux deux températures extrêmes.

C'est précisément ce qui arrive à l'alcool, en tant que formé d'eau et de gaz oléfiant :

$$C^4H^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2.$$

Dans le premier membre de cette équation, en passant de 0 à 200 degrés, 4 volumes d'eau deviennent gazeux ; dans le second membre, en passant de 0 à 200 degrés, 4 volumes d'alcool deviennent également gazeux. Les volumes gazeux qui se forment dans cet intervalle étant les mêmes de part et d'autre, ils absorberont à peu près les mêmes quantités de chaleur, et la chaleur de formation de l'alcool ne changera pas sensiblement. C'est ce que vérifie d'ailleurs un calcul tout à fait rigoureux, comme je l'ai dit tout à l'heure.

Ainsi, à 200 degrés la formation de l'alcool produit sensiblement la même quantité de chaleur qu'à 0 degré. Mais si l'on pouvait opérer la combinaison à —100 degrés, il y aurait cette fois une différence due à la liquéfaction du gaz oléfiant : la chaleur dégagée serait moindre et se réduirait à 5000 calories environ.

Ces nombres représentent précisément la chaleur *absorbée* lorsque l'alcool se décompose réciproquement en eau et gaz oléfiant.

Si l'on envisage la formation de l'alcool depuis les éléments :

$$C^4 + H^6 + O^2 = C^4H^6O^2,$$

elle répond à un dégagement de 77 000 calories à la température ordinaire, et de 69 000 calories à —100 degrés. Ces chiffres ne diffèrent pas beaucoup de ceux qui répondent à la combinaison de la même quantité d'oxygène $O^2$ avec l'hydrogène, $H^2$. A —100 degrés, particulièrement, la formation de l'alcool avec le système

$$C^4 + H^4 + H^2O^2$$

répondrait à un phénomène calorifique négligeable.

Voici un autre exemple qui s'applique à l'alcool amylique :

Digitized by Google

$$C^{10}H^{10} + H^2O^2 = C^{10}H^{12}O^2.$$

$C^{10}H^{12}O^2$ dégage 788 000 cal. (1)
$C^{10}H^{10}$ » 804 000
} différence 16 000.

Dans le premier membre, on a un composé liquide; dans le second, deux liquides; il en résulte qu'à 200 degrés la chaleur dégagée sera égale à environ

$$16\,000 + 8\,000 = 22\,000 \text{ calories.}$$

Avec les éléments

$$C^{10} + H^{10} + O^2 = C^{10}H^{12}O^2,$$

96 000 calories à la température ordinaire.

La formation des alcools précédents par hydratation donne donc lieu à un dégagement de chaleur. Quant à la valeur absolue de ce dégagement, elle ne doit pas être regardée comme bien fixée, parce qu'elle résulte de la différence de deux nombres beaucoup plus considérables chacun, et qui ne sont connus qu'avec un certain degré d'approximation.

La même remarque s'applique à fortiori au rapprochement suivant, que je signale pour ne rien omettre. Il s'agit de l'alcool éthalique :

$$C^{32}H^{32} + H^2O^2 = C^{32}H^{34}O^2.$$

$C^{32}H^{32}O^2$ dégage 2 565 000 calories.
$C^{32}H^{32}$ » 2 490 000 »

Il y aurait donc ici une *absorption* de chaleur égale à 70 000 calories, si ces nombres sont exacts.

Avec les éléments :

$C^{32} + H^{32} + O^2$, on trouve 112 000 calories.

En résumé, on voit que la formation de l'alcool par l'hydratation des carbures et la décomposition réciproque des alcools en eau et carbures donnent lieu à des dégagements de chaleur relativement assez faibles.

Il ne faut pas oublier que parmi les alcools précédents, un seul a été obtenu réellement par l'hydratation du carbure correspondant, c'est l'alcool ordinaire. Les autres alcools cités ne pourraient être formés à l'aide des carbures dénommés que par un cercle de réactions assez compliquées. Si l'on employait les méthodes les plus directes d'hydratation, on obtiendrait des alcools isomériques. Ajoutons que la faible stabilité de ces derniers paraît indiquer que leur formation répond à des dégagements de chaleur presque nuls, sinon négatifs.

Examinons maintenant l'autre méthode générale relative à la formation des alcools.

2° Pour les alcools obtenus par oxydation, nous prendrons comme exemple l'alcool méthylique, le seul, du reste, pour lequel on possède toutes les données nécessaires :

$$C^2H^4 + O^2 = C^2H^4O^2.$$

On calcule la chaleur de formation à l'aide du système initial :

$$C^2H^4 + O^8$$

et du système final :

$$C^2O^4 + 2H^2O^2.$$

(1) Favre et Silbermann.

Quelle est la chaleur de combustion du premier système ?

Le gaz des marais dégage 210 000 calories (1), celle de l'alcool méthylique étant : 170 000 (2).

Il y a donc eu, lors de la formation de ce dernier, un dégagement égal à 40 000 calories, ce qui s'accorde, du reste, parfaitement avec ce que l'on sait, qu'en thèse générale toute oxydation dégage de la chaleur : la même quantité d'oxygène dégagerait avec l'hydrogène 69 000 c. A 200 degrés, la chaleur dégagée pour l'alcool méthylique est égale seulement à 31 000 calories.

Nous pouvons envisager cette même formation d'alcool méthylique depuis les éléments :

$$C^2 + H^4 + O^2 = C^2H^4O^2.$$

Elle répond alors, à la température ordinaire, à un dégagement de

$$22\,000 + 40\,000 = 62\,000 \text{ calories à peu près;}$$
200°..... à 54 000 calories.

Ces nombres ne diffèrent pas beaucoup de ceux qui répondent à l'union de la même quantité d'oxygène $O^2$ avec l'hydrogène $H^2$; remarque analogue à celle que nous avons faite pour la formation de l'alcool ordinaire avec les éléments.

Avec le système

$$C^2 + H^2 + H^2O^2 = C^2H^4O^2,$$

il y aurait, à 0 degré, *absorption* de 7000 calories; à 200 degrés, l'absorption serait sensiblement la même.

Avec le système

$$C^2O^2 + H^4 = C^2H^4O^2.$$

Dégagement de 37 000 c.

Avec le système

$$(C^2O^4 + C^2H^4 + H^4) = 2C^2H^4O^2.$$

Dégagement de 4000 c.

En généralisant les observations relatives à l'alcool méthylique, en tant que formé par le gaz des marais, nous admettrons que la production des alcools par l'oxydation des carbures donne lieu à un dégagement de chaleur.

Ce résultat s'applique sans doute au glycol :

$$C^4H^6 + O^4 = C^4H^6O^4,$$

à la glycérine :

$$C^6H^8 + O^6 = C^6H^8O^6;$$

mais les observations manquent.

Au contraire, nous pouvons le vérifier sur la formation d'un alcool hexatomique, la glycose.

En regardant ce corps comme formé au moyen du caproïlène $C^{12}H^{12}$ :

$$C^{12}H^{12} + 6O^2 = C^{12}H^{12}O^{12},$$

nous trouvons que la chaleur de combustion du carbure répond à 959 000 calories, celle de l'alcool à 726 000.

La différence 233 000, c'est-à-dire $39\,000 \times 6$, répond à $6O^2$ fixés sur un carbure pour former un alcool hexato-

(1) Dulong..... 211 000
Favre et Silbermann.. 209000
Andrews..... 209 700
} 210 000.

(2) Calculé d'après le nombre de MM. Favre et Silbermann.

Digitized by Google

mique; elle représente six fois la quantité de chaleur qui répond à $O^2$, fixé sur un carbure pour former un alcool monoatomique.

La chaleur dégagée pour former la glycose, à partir des éléments :

$$C^{12} + H^{12} + O^{12} = C^{12}H^{12}O^{12}.$$

est égale à 252 000 calories;

ce qui fait pour $O^2$, 42 000, chiffre plus faible pour l'alcool méthylique, en raison de la différence des carbures initiaux.

On voit que la formation du sucre, au moyen d'un carbure, doit rentrer dans la loi générale des alcools.

Ces comparaisons peuvent être encore poussées jusqu'à un autre corps, comparable aux alcools par certaines réactions; il s'agit du phénol, $C^{12}H^6O^2$.

On obtient en effet le phénol par l'oxydation indirecte de la benzine, $C^{12}H^6$ :

$$C^{12}H^6 + O^2 = C^{12}H^6O^2.$$

La chaleur de combustion de la benzine n'a pas été déterminée; mais nous pouvons comparer la chaleur de combustion du phénol à celle de ses éléments, conformément à la relation :

$$C^{12} + H^6 + O^2 = C^{12}H^6O^2.$$

Le premier système, uni avec $O^{28}$ :

$$(C^{12} + H^6 + O^2) + O^{28} = 6\,C^2O^4 + 3H^2O^2,$$

Dégage 771 000 calories.

Le second système, uni avec $O^{28}$ :

$$C^{12}H^6O^2 + O^{28} = 6\,C^2O^4 + 3H^2O^2,$$

dégage 737 000 calories;

d'où il résulte que la formation du phénol au moyen des éléments répond à un dégagement de chaleur de 34 000 c. Ce chiffre, pour $O^2$ fixé sur $C^{12} + H^6$, ne diffère pas beaucoup de 42 000, qui répond à $\frac{O^{12}}{6}$ fixé sur $(C^{12} + H^{12})$.

Si l'on suppose que la chaleur dégagée dans l'oxydation de la benzine changée en phénol est la même que dans l'oxydation du gaz des marais, c'est-à-dire si l'on suppose que la formation du phénol par la benzine dégage 40 000 calories, on trouve d'autre part la chaleur de combustion de la benzine :

$$C^{12}H^6 = 777\,000 \text{ calories.}$$

Les éléments répondant à 771 000, la formation de ce carbure répondrait donc à une absorption de 6000 calories, à la température ordinaire. A 200 degrés (1), elle répondrait à 13 000 calories. Ces résultats s'accordent avec les indications données dans la précédente leçon sur les carbures peu hydrogénés. Mais il est inutile d'insister plus longtemps.

### ALDÉHYDES.

Que la transformation des alcools en aldéhydes par oxydation donne lieu à un dégagement de chaleur, c'est ce que l'observation confirme chaque jour; mais je ne connais qu'une seule mesure applicable à cette réaction. L'acétone représente l'aldéhyde de l'alcool propylique d'hydratation :

$$C^6H^8O^2 + O^2 = C^6H^6O^2 + H^2O^2.$$

Or, la combustion du premier système produit 424 000; du second, 476 000. La chaleur dégagée dans la transformation de cet alcool en aldéhyde serait donc égale à 52 000 calories; nombre moindre d'un quart que la chaleur dégagée par la formation de la même quantité d'eau avec l'hydrogène libre.

La réaction inverse (changement d'aldéhyde en alcool),

$$C^6H^6O^2 + H^2 = C^6H^8O^2$$

Dégagerait 17 000 calories.

### ACIDES.

Passons en revue les principales réactions applicables à la formation des acides organiques.

#### 1° *Oxydation des alcools.*

Examinons d'abord l'oxydation méthodique de l'alcool ordinaire, $C^4H^6O^2$ :

1er degré : $O^2$ *Aldéhyde :*

$$C^4H^6O^2 + O^2 = C^4H^4O^2 + H^2O^2.$$

La formation de l'aldéhyde dégagerait une quantité voisine de 52 000 calories, si l'on admet que le chiffre donné tout à l'heure par l'acétone est applicable à l'aldéhyde éthylique.

2e degré : $O^4$. *Acide acétique :*

$$C^4H^6O^2 + O^4 = C^4H^4O^4 + H^2O^2.$$

La chaleur dégagée est égale à 321 000 — 210 000 = 111 000.

Or, $\frac{111\,000}{2} = 55\,000$ environ;

c'est-à-dire que la formation de l'acide acétique dégage à peu près deux fois autant de chaleur que celle de l'aldéhyde. $O^4$, fixé sur une même molécule, produirait le double de $O^2$, conformément à une relation déjà remarquée en chimie minérale pour les oxydes de cuivre et d'étain.

3e et 4e degré.

Les effets caloriques qui résultent de la fixation de $3O^2$ et $4O^2$ sur l'alcool ne peuvent pas être définis aujourd'hui, faute de données.

---

(1) *Calcul de* U, d'après les données fournies par M. Regnault :

Chaleur spécifique de $C^{12} = C^2 \times 6 = 1{,}76 \times 6 = 10{,}56$
» » $H^6$ $6{,}82 \times 3 = 20{,}46$
31,0

$U = 31 \times 200 = 6200$ (éléments).

*Calcul de* V.

Chaleur spécifique de $C^{12}H^6$ liquide $= 0{,}436 \times 78 = 34{,}0$
» » de $C^{12}H^6$ gazeux $= 0{,}375 \times 78 = 29{,}2$

Donc

de 0° à 80°..... $34 \times 80 = 2720$
de 80° à 200°..... $29{,}2 \times 120 = 3504$
6224

Il faut y joindre :

Chaleur de vaporisation de $C^{12}H^6 = 92 \times 78 = 7200$ environ.
Donc $V = 13\,400$.
$U - V = 7\,200$.

Je fais ce calcul pour montrer par un nouvel exemple comment U — V se réduit sensiblement aux chaleurs de vaporisation.

Digitized by Google

5e degré : $O^{10}$. *Acide oxalique :*

$$C^4H^6O^2 + O^{10} = C^4H^2O^8 + 2H^2O^2.$$

La chaleur de combustion de l'alcool est..... 321 000
Celle de l'acide oxalique *solide* ..... 54 000
Différence ..... 267 000

$$\frac{267\,000}{5} = 53\,000 \text{ pour } O^2.$$

C'est donc le même nombre pour $5O^2$ que pour $O^2$ et $2O^2$.

6e degré : $O^{12}$. *Acide carbonique :*

$$C^4H^6O^2 + O^{12} = 2C^2O^4 + 3H^2O^2.$$

Chaleur dégagée..... 321 000.

$$\frac{321\,000}{6} = 53\,000.$$

C'est encore le même chiffre, quoique la dernière réaction n'appartienne plus à une série de transformations comparables aux précédentes.

Les quantités de chaleur dégagées par l'union successive de l'oxygène, en partant d'un même composé organique, l'alcool, sont donc *proportionnelles* aux quantités d'oxygène qui entrent en combinaison.

Voici un second exemple de cette relation :

1er degré : *Gaz des marais changé en alcool méthylique :*

$$C^2H^4 + O^2 = C^2H^4O^2.$$

Chaleur dégagée..... 40 000.

2e degré. — Inconnu.

3e degré. *Gaz des marais en acide formique :*

$$C^2H^4 + O^6 = C^2H^2O^4 + H^2O^2.$$

Chaleur dégagée..... 210 000 — 96 000 = 114 000.

$$\frac{114\,000}{3} = 38\,000.$$

Les chiffres 38 000 et 40 000 sont peu différents.

Ces relations paraissent n'exister avec exactitude que pour une même série de composés dérivés les uns des autres et qui contiennent le même nombre d'équivalents de carbone. — En effet, les quantités de chaleur dégagées par la transformation des divers alcools en acides homologues ne sont pas les mêmes, et, chose remarquable, elles paraissent aller en croissant à mesure que l'équivalent du composé s'élève.

Pour la fixation de $O^4$ :

| | |
|---|---|
| L'alcool méthylique $C^2H^4O^2$ changé en acide formique $C^2H^2O^4$, dégage..... | 74 000 |
| L'alcool ordinaire $C^4H^6O^2$, changé en acide acétique $C^4H^4O^4$, dégage..... | 111 000 |
| L'alcool amylique $C^{10}H^{12}O^2$, changé en acide valérique $C^{10}H^{10}O^4$, dégage..... | 131 000 |
| L'alcool éthalique $C^{32}H^{34}O^2$, changé en acide margarique $C^{32}H^{32}O^4$, dégage,..... | 180 000 |

Ainsi $O^4$ dégage, avec l'alcool méthylique, moitié moins de chaleur qu'avec l'hydrogène (138 000); avec l'alcool amylique, à peu près la même quantité; avec l'alcool éthalique, un tiers en plus. — Nous reviendrons sur ces chiffres en parlant de la chaleur animale.

Bornons-nous à faire remarquer ici que les nombres ci-dessus représentent également le travail nécessaire pour changer un acide en alcool par voie de réduction.

2° *Fixation de l'oxyde de carbone sur les alcools.*

Examinons maintenant la formation des acides organiques au moyen de l'oxyde de carbone :

*Acide formique.*

$$H^2O^2 + C^2O^2 = C^2H^2O^4.$$

Il y a absorption de

96 000 — 69 000 = 27 000 calories.

Dans la réaction effective (oxyde de carbone et solution aqueuse de potasse), l'absorption se réduit à 13 000 calories. Mais elle est plus considérable lorsque l'oxyde de carbone est absorbé par des solutions aqueuses de bicarbonate de soude et même de chaux, réaction dont j'ai constaté la réalité : à la température ordinaire, elles exigent des mois pour devenir sensibles.

*Acide acétique.*

$$C^2H^4O^2 + C^2O^2 = C^4H^4O^4.$$

Chaleur dégagée..... 29 000.

Ce dégagement représente le résultat total des réactions effectives suivantes.

Transformation de l'alcool méthylique en éther iodhydrique :

$$C^2H^4O^2 + HI = C^2H^3I + H^2O^2.$$

Action de l'éther iodhydrique sur le cyanure de potassium :

$$C^2H^3I + K(C^2Az) = C^2H^3(C^2Az) + KI.$$

Décomposition de l'éther méthylcyanhydrique par la potasse :

$$C^2H^3(C^2Az) + (KO,HO) + H^2O^2 = C^4H^3KO^4 + AzH^3.$$

Enfin décomposition de l'acétate de potasse par un acide :

*Acide propionique.*

$$C^4H^6O^2 + C^2O^2 = C^6H^6O^4.$$

Chaleur dégagée..... 37 000.

*Acide valérianique.*

$$C^8H^{10}O^2 + C^2O^2 = C^{10}H^{10}O^4.$$

Chaleur dégagée..... 43 000.

Tous ces nombres conserveraient à peu près la même valeur si l'on rapportait les réactions à 200 degrés.

3° *Fixation de l'acide carbonique sur les carbures d'hydrogène.*

*Acide formique.*

$$H^2 + C^2O^4 = C^2H^2O^4.$$

Chaleur *absorbée*..... 96 000 — 69 000 = 27 000.

A 200 degrés, la chaleur absorbée s'élèverait à environ 36 000.

*Acide acétique.*

$$C^2H^4 + C^2O^4 = C^4H^4O^4.$$

Chaleur dégagée : nulle à la température ordinaire.

A 200 degrés, il y aurait *absorption* de 8000 calories, en raison de l'état gazeux de l'acide acétique.

Ces résultats, de même que ceux relatifs à l'oxyde de carbone, paraissent changer de signe pour les acides plus condensés.

*Acide valérique.*

$$C^8H^{10} + C^2O^4 = C^{10}H^{10}O^4.$$

Chaleur dégagée..... 18 000.

Digitized by Google

Réciproquement, la séparation de l'acide carbonique aux dépens des acides précédents est accompagnée par :

Un dégagement de chaleur avec l'acide formique, résultat confirmé par mes expériences;

Un dégagement de chaleur avec l'acide acétique gazeux et avec les acétates (voy. la *leçon précédente*);

Une absorption probable avec l'acide valérique.

Le contraste entre ces circonstances pourrait expliquer pourquoi les formiates, en présence d'un excès d'alcali, se dédoublent presque entièrement en hydrogène et carbonate, et les acétates en gaz des marais et carbonate; tandis que les butyrates, valérates, etc., ne donnent pas lieu à un dédoublement aussi net, c'est-à-dire capable de fournir comme produit principal le carbure homologue du formène.

Une nouvelle fixation d'acide carbonique sur les acides à 4 équivalents d'oxygène donne naissance aux acides qui en renferment 8. Voici la seule mesure connue relativement à cette réaction. Il s'agit de l'acide oxalique.

On peut le dériver de l'hydrogène :

$$H^2 + 2C^2O^4 = C^4H^2O^8.$$

Chaleur dégagée..... 69 000 — 54 000 = 15 000.

A 200 degrés, elle se réduirait à 7000, si l'acide oxalique existait à l'état gazeux.

On peut encore dériver l'acide oxalique de l'acide formique :

$$C^2H^2O^4 + C^2O^4 = C^4H^2O^8.$$

Chaleur dégagée..... 94 000 — 54 000 = 40 000;

quantité qui ne change pas notablement, en rapportant théoriquement la réaction à l'état gazeux. — La même quantité est absorbée lorsque l'acide oxalique se décompose en acide carbonique et acide formique.

La décomposition de l'acide oxalique en acide carbonique, eau et oxyde de carbone :

$$C^4H^2O^8 = C^2O^4 + C^2O^2 + H^2O^2,$$

Répond à une absorption de 15 000 calories,

et cette quantité ne change pas notablement, lorsqu'on rapporte la réaction à l'état gazeux.

La décomposition de l'oxalate de soude par l'hydrate de soude en carbonate de soude et hydrogène :

$$C^4Na^2O^8 + 2(NaO,HO) = 2(C^2O^4,Na^2O^2) + H^2$$

Répond (1) à un dégagement de chaleur égal à 17 000 calories environ.

4° Examinons maintenant la formation des acides organiques, à partir des éléments.

*Acide formique.*

$$C^2 + H^2 + O^4 = C^2H^2O^4.$$

Répond à un dégagement de 67 000 calories.
A 200 degrés on trouve 60 000 environ.

*Acide acétique.*

$$C^4 + H^4 + O^4 = C^4H^4O^4.$$

A 0°, dégagement de 116 000 calories.
A 200°, » 118 000 »

*Acide valérique.*

$$C^{10} + H^{10} + O^4 = C^{10}H^{10}O^4.$$

Chaleur dégagée..... 158 000.

*Acide stéarique.*

$$C^{36} + H^{36} + O^4 = C^{36}H^{36}O^4.$$

Chaleur dégagée..... 175 000.

On voit que le dégagement de chaleur s'accroît avec la condensation.

Terminons par un dernier rapprochement entre les acides et les éthers isomères.

L'acide formique, $C^2H^2O^4$, combiné avec les alcools, peut fournir deux ordres de composés isomériques, mais très-différents, suivant le procédé employé dans la combinaison.

Tels sont :

L'éther méthylformique ..... $C^2H^2(C^4H^2O^4)$,
Et l'acide acétique..... $C^4H^4O^4$,

corps isomères qui peuvent être formés : le premier par l'union directe de l'acide formique et de l'alcool méthylique :

$$C^2H^2O^4 + C^2H^4O^2 - H^2O^2 = C^4H^4O^4.$$

Le second par l'union directe des mêmes composants, en prenant comme intermédiaire l'éther méthylcyanhydrique.

Or, la chaleur de combustion du premier corps (éther méthylformique) est égale à 252 000.

Celle du second (acide acétique) à 210 000.

D'où il résulte que la transformation de l'éther dans l'acide isomérique serait accompagnée d'un dégagement de chaleur considérable. On peut dire encore que la combinaison de l'acide avec l'alcool est accompagnée par un dégagement de chaleur bien plus considérable dans le second cas (acide acétique) que dans le premier cas (éther méthylformique).

Or, ce dégagement plus considérable répond précisément à une combinaison plus intime; car l'acide formique et l'alcool méthylique peuvent être régénérés aisément de l'éther méthylformique; tandis que l'acide acétique ne se scinde de nouveau en ses deux composants par aucun procédé connu. C'est un corps unitaire, tandis que l'autre composé est secondaire.

Dr BOURGOIN, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

(1) $C^4 + H^2 + O^8 = C^4H^2O^8$..... répond à 203 000
$C^4H^2O^8 + 2(NaO,HO)$, en y comprenant la dissolution de l'acide, et la séparation du sel sous forme solide..... » 28 000
$C^4Na^2O^8 + 2(NaO,HO) = 2(C^2O^4,Na^2O^2) + H^2$ » $x$
$H^2 + O^2$..... » 69 000
300 000 + $x$

D'autre part :

$C^4 + O^8$..... 188 000
$H^2 + O^2$ ..... 69 000
$4(CO^2,NaO)$ solide.... 60 000
317 000

$x = 17\,000.$

---

HISTOIRE DES IDÉES MORALES ET POLITIQUES EN FRANCE AU XVIIIe SIÈCLE, par M. JULES BARNI, professeur à l'Académie de Genève. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. 3 fr. 50

PHILOSOPHIE DE L'ART, par M. H. TAINE. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 41. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 9 SEPTEMBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : L'homme fossile.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : L'ammoniaque. — Le soufre et l'acide sulfureux.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : Le système nerveux des Reptiles et des Batraciens.

---

Paris, 25 août 1865.

L'Académie des sciences se dépeuple de plus en plus, et par une conséquence toute naturelle, le nombre des mémoires diminue aussi sensiblement.

M. Jeannel envoie une note sur la cristallisation subite des dissolutions sursaturées; contrairement à l'opinion soutenue par M. Violette et M. Gernez, il prétend être dès maintenant en mesure d'établir que cette cristallisation est due à des causes purement physiques et mécaniques, tout à fait indépendantes de la présence supposée dans l'atmosphère de cristaux microscopiques, de tous les sels présentant les phénomènes de sursaturation.

M. Béchamp adresse une note sur la cause qui fait vieillir les vins ; il cherche à démontrer que cette cause est une fermentation provoquée par des organismes inférieurs succédant au ferment alcoolique proprement dit, et il en conclut que pour faire vieillir plus rapidement les vins, il faut favoriser le développement de ces organismes par une température assez élevée pour exagérer leurs fonctions, mais insuffisante pour les détruire.

Signalons enfin un mémoire de M. Chasles sur les sections coniques considérées dans l'espace; — une note sur les causes de la maladie des vers à soie qui est surtout attribuée à une mauvaise préparation des graines; — une communication de M. Faye, relative à la théorie de la constitution physique du soleil, qu'il a soumise à l'Académie au commencement de cette année; enfin une note du docteur Carret (de Chambéry), contenant l'analyse de l'air d'une des salles du lycée de Chambéry, dont un grand nombre d'élèves avaient été atteints par l'épidémie qui a sévi en Savoie l'hiver dernier; cette analyse établit, conformément à l'opinion de M. Carret sur les causes de cette maladie, la présence de quantités notables d'oxyde de carbone dans l'atmosphère de cette salle, qui était chauffée par un poêle de fonte.

Nous avons déjà parlé ici même des ravages considérables produits dans les cultures de betteraves du nord de la France, par le développement prodigieux qu'avaient pris cette année les insectes du genre des Noctuelles. M. Blanchard, membre de l'Institut, professeur d'entomologie au Muséum d'histoire naturelle, a été chargé depuis, par le ministre de l'agriculture, d'étudier l'étendue du fléau et les moyens les plus efficaces pour le combattre. Nous publierons dans notre prochain numéro un article du savant professeur, dans lequel il résume les intéressantes observations qu'il a eu occasion de faire à ce sujet.

Nous avons le regret d'annoncer à nos lecteurs la mort imprévue de M. le professeur Remak (de Berlin), auteur d'un grand nombre de travaux remarquables sur l'histologie et la physiologie; il avait consacré les dernières années de sa vie à la vulgarisation de la galvanothérapie, et surtout à l'application du courant constant au traitement des névroses. E. A.



Digitized by Google

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES
(de l'Institut).

### VI.

**De l'homme anté-historique (Suite).**

Nous avons commencé, dans notre dernière leçon, à étudier la question de l'antiquité de l'homme. Il était avant tout nécessaire de poser le problème de telle façon que la solution en fût possible, et de bien préciser la question. Évidemment, on ne peut donner de dates certaines quand il s'agit de l'origine de l'homme, et nous devons nous contenter d'une simple superposition de faits. Cependant, nous avons demandé à l'histoire tout ce qu'elle pouvait nous donner. Les dates les plus anciennes nous ont été fournies par la Grèce, les traditions arianes, les livres chinois, l'histoire sacrée et les annales égyptiennes. Nous avons été ainsi conduits à reporter à trente ou quarante siècles avant notre ère, au maximum, la période historique. Nous avons fait remarquer à ce sujet que les dates les plus anciennes nous sont fournies par l'histoire des peuples, inférieurs aujourd'hui à ceux dont les annales ont une antiquité moindre.

Mais ces faits historiques ne nous fournissent que des renseignements locaux, et pour les peuples qui ont une histoire. Il a fallu chercher ailleurs les renseignements pour les peuples qui n'ont pas d'histoire, et les renseignements sur l'antiquité de l'homme en général. C'est alors que nous avons rapidement étudié les kjœkkenmœddings danois, débris de la cuisine des anciennes populations européennes, monceaux de coquillages parmi lesquels l'homme a laissé des traces de son industrie, des armes de silex et d'or. Une seule espèce domestique s'y rencontre, le chien. Ces kjœkkenmœddings sont les témoins d'une seule de ces périodes anté-historiques.

Les skovmoses ou marais à forêts nous apprennent plus de choses : ce sont peut-être, avons-nous dit, des excavations formées par la fonte des glaces de la période glaciaire. Les arbres des parois, les mousses qui s'y développaient, le limon entraîné, les ont comblées peu à peu, en établissant des couches superposées et différentes les unes des autres par la nature des végétaux qu'elles renferment. Elles attestent des changements successifs dans la constitution des forêts du Danemark. Les couches les plus inférieures renferment d'abord des mousses, puis des arbres, le pin silvestre le premier; vient ensuite le chêne, disparu aujourd'hui de cette contrée, et enfin le hêtre, arbre actuel du Danemark.

Ceci établit véritablement trois périodes dans la végétation. Or, les débris d'industrie humaine que l'on y trouve associés à ces végétaux, présentent précisément trois changements correspondants. L'homme ne vivait pas en cette région, quand les deux premières couches se déposèrent; il apparaît quand se montre le pin, et ses ustensiles sont alors de pierre ou d'os; puis viennent les instruments de bronze, enfin les instruments de fer. Voilà donc établis trois âges dans l'histoire de l'homme primitif de ces contrées, l'âge de pierre, l'âge de bronze et l'âge de fer, et ces trois âges coïncident à peu près avec les changements dans la végétation.

Bien que reposant sur des faits nombreux d'observation, cette caractérisation de trois âges anté-historiques souleva bien des objections. Beaucoup n'y voulaient voir avec raison que des faits locaux. La découverte des habitations lacustres de la Suisse, découverte qui s'est étendue ensuite à plusieurs contrées de l'Europe, entre autre à la France et à l'Italie, montra que l'on pouvait étendre et généraliser cette division. Le docteur Keller observa le premier les pieux et les ustensiles que renferment certains lacs de la Suisse, remarqua l'analogie de ces derniers avec les ustensiles du Danemark, et montra qu'il avait existé là des habitations bâties sur pilotis, au milieu des eaux des lacs. Les instruments tombés autour de ces habitations, et conservés par la vase, permirent de constater que là aussi il y eut trois périodes dans les progrès de l'industrie humaine; cependant, l'âge de bronze y est mieux représenté que l'âge de fer.

Ces faits montrent bien de la façon la plus nette une succession d'hommes dont l'industrie primitive se perfectionnait avec le temps; mais ils ne fournissent absolument aucune donnée sur l'âge de l'homme. Quand on veut poser des dates, on n'a que des conjectures. Cependant, le cône de la Tinière fournit à M. Morlot l'occasion d'établir des chiffres approximatifs. Il fit remonter l'âge de pierre à quarante-sept ou soixante-dix siècles, donnant pour âge du cône tout entier soixante-quatorze à cent dix siècles. Si nous rapprochons ces calculs de M. Morlot d'autres recherches faites dans le même but, nous arrivons à penser que l'homme a pu paraître dans ces contrées peu de temps après l'établissement du relief actuel, au commencement de la période géologique contemporaine. Nous sommes ainsi amenés à nous demander si l'on ne pourrait pas aller au delà. Nous voici donc arrivés à la question de l'homme fossile ou anté-diluvien; c'est elle que nous allons aborder aujourd'hui.

L'homme a-t-il existé avant l'époque géologique actuelle?

Remarquons d'abord que tous les peuples du monde montrent dans leurs traditions le récit d'un cataclysme qui engloutit et fit périr la majorité des êtres vivant à la surface de la terre, ne laissant que quelques individus d'où sont issues les espèces actuelles. Cette tradition d'un déluge ou d'une grande catastrophe, varie dans ses détails chez les différents peuples; elle est toujours la même au fond. Beaucoup réunissant tous ces souvenirs n'ont voulu y voir qu'un seul et même événement, et en ont conclu à l'universalité du déluge. L'Église catholique se demanda même s'il n'était pas convenable d'établir comme dogme cette doctrine de l'universalité. Elle décida cependant que la liberté d'interprétation serait laissée sur cette question. L'abbé Brasseur de Bourbourg, l'historien du Mexique auquel la science doit tant, a fait connaître de curieux détails à ce sujet.

Isaac Vossius, fils du savant de ce nom, avait fait une dissertation intitulée *De vera ætate mundi*, dans laquelle il avait conclu à la non-universalité du déluge. La question fut soumise à la compagnie de l'Index. Cette compagnie discutait depuis longtemps sans conclure, lorsqu'en 1686, elle eut l'idée d'appeler dans son sein pour l'éclairer, l'illustre bénédictin français Mabillon, qui était en ce moment à Rome, chargé d'une mission scientifique. Mabillon, au milieu des car-

(1) Voy. les nos 33, 35, 37, 38 et 40. — Consultez dans le numéro 16 (18 mars 1865) la conférence de M. N. Joly, sur l'homme fossile et les habitations lacustres.

Digitized by Google

dinaux et des docteurs assemblés, déclara que la croyance à la non-universalité du déluge n'avait rien de contraire à la foi et aux bonnes mœurs, et qu'on pouvait la tolérer. Cette opinion fut adoptée par l'Index. La question est donc ouverte, même au point de vue religieux.

Si nous rappelons ces faits dans leurs détails, c'est que la question fut longtemps débattue sur le terrain du dogme. Il y eut longtemps, et il y a encore en France et en Angleterre des hommes qui regardent comme antireligieuses les idées d'antiquité de l'homme. Nous pensons qu'il est peu sage et peu raisonnable de faire à tout moment intervenir la religion dans les débats scientifiques, et d'amener ainsi dans l'examen des faits des idées préconçues qui les font méconnaître ou mal juger. Pour nous, répète le professeur, nous ne voulons écouter que la science.

Il s'agit de savoir si l'homme a été contemporain de l'époque géologique qui a amené le relief actuel, ou bien s'il lui est antérieur; l'homme, en d'autres termes, a-t-il été contemporain d'espèces perdues ou éloignées aujourd'hui?

L'âge géologique de l'homme est déterminable par trois ordres de considérations : 1° Si nous trouvons les restes de l'homme dans une couche non remaniée, il est évident qu'il a préexisté à la couche. Sous ce nom de *restes de l'homme*, nous comprenons, non-seulement ses ossements, mais aussi les instruments taillés, et tout ce qui atteste sa présence. 2° Une autre considération nous est fournie par la coexistence des ossements humains avec des ossements d'animaux, nous sommes jusqu'à un certain point autorisé à conclure leur contemporanéité quand nous les voyons mélangés. C'est ainsi que les brèches où nous trouvons des couteaux de silex et des ossements de rennes, nous permettent de croire à l'existence en ce lieu de l'homme et du renne. 3° Enfin, si nous trouvons des ossements que nous pouvons regarder comme ayant été sculptés, percés, entaillés à l'état frais, nous concluons que l'homme a été contemporain de l'animal dont il a travaillé les ossements.

On le voit, les espèces animales jouent un rôle considérable dans la question de savoir si l'homme a vécu dans la période quaternaire. Il est donc important de connaître les espèces caractéristiques de cette période. Elles sont au nombre de neuf d'après M. Lartet. Ce sont : le grand Ours des cavernes, l'Hyène des cavernes, le grand Chat des cavernes, le Mammouth, le Rhinocéros à narines cloisonnées, le Cerf gigantesque, le Renne, l'Aurochs, l'*Urus*. Rappelons en peu de mots comment la question s'est posée.

Depuis longtemps, on avait établi la contemporanéité de l'homme et d'espèces animales perdues, au moins pour la contrée où l'on observait leurs restes. Si les faits avaient dormi, cela tenait à des circonstances dont le court historique que nous allons faire donnera une idée.

En 1774, Esper trouve des ossements humains mêlés à des ossements d'ours. Les idées paléontologiques inconnues alors firent que le fait passa inaperçu. En 1797, un Anglais, John Frère, rencontre à onze pieds de profondeur, dans un terrain non remanié, des silex travaillés; pour le même motif, la chose ne fut pas remarquée. En 1823, Buckland aborda sérieusement la question. Mais il chercha trop à faire cadrer les faits avec les traditions bibliques, et cette tendance trop marquée nuisit certainement à l'adoption de ses idées appuyées d'ailleurs par des preuves incomplètes.

Peu après, en 1825, Cuvier faisait paraître son livre sur les *Révolutions du globe*. On a répété bien des fois que Cuvier ne croyait pas à la contemporanéité de l'homme et des espèces perdues; mais sa pensée a été exagérée. Il dit seulement dans le chapitre qu'il consacre à ce sujet, *qu'on n'a pas encore trouvé ni homme, ni singe parmi les fossiles*. Il n'en dit pas plus, et devant les faits récents, il n'est pas douteux qu'il se rangerait aujourd'hui, s'il vivait, parmi les partisans de la contemporanéité. Dans ce même chapitre, il dit en terminant : « Mais je ne veux pas conclure que l'homme n'existait pas du tout avant l'époque de la dernière révolution. Il pouvait habiter quelques contrées peu étendues, d'où il a repeuplé la terre après ces événements terribles; peut-être aussi les lieux où il se tenait ont-ils été entièrement abîmés, et ses os ensevelis au fond des mers actuelles, à l'exception du petit nombre d'individus qui ont continué son espèce. » Il est clair, d'après cela, que Cuvier ne nie pas la coexistence de l'homme et des animaux fossiles, ainsi que l'ont prétendu ses disciples, exagérant, comme toujours, les idées du maître. Cuvier avait replacé parmi les salamandres l'*Homo diluvii testis* de Scheuchzer, il avait vu des grès de Fontainebleau, pris à cause d'une grossière ressemblance pour des restes humains, et il disait avec raison, la preuve manquant : « Je n'ai pas encore trouvé d'homme fossile. »

De 1826 à 1827, Tournal (de Narbonne) et Christol publiaient la paléontologie de cavernes où ils avaient trouvé des débris d'industrie humaine, mêlés à des ossements fossiles. Mais c'étaient d'humbles savants de la province, la grande voix de Cuvier retentissait encore avec une autorité inattaquée, et leur travail passa inaperçu. Il est vrai de dire que quelques-unes des preuves que ces savants apportaient étaient peu sérieuses.

En 1833 et 1834, le docteur Schmerling publia ses *Recherches sur les ossements fossiles découverts dans les cavernes de la province de Liége*. Il y avait trouvé de nombreux ossements humains, mais surtout un crâne superbe découvert dans la caverne d'Engis, au milieu de débris d'animaux fossiles, Aussi avait-il conclu à la coexistence de l'homme et des animaux de l'époque quaternaire. Mais on était encore sous l'impression causée par l'autorité de Cuvier, et les travaux de Schmerling, ne tranchèrent nullement la question.

En 1844, le docteur Lund publia d'autres découvertes, faites au Brésil. Mais ces observations présentées comme certaines d'abord, puis comme fort douteuses par leur auteur lui-même, semblèrent faire par cela même le procès aux travaux antérieurs. C'est pourquoi, en 1845, M. Desnoyers concluait au rejet de l'homme fossile, et à cette époque, le professeur partageait complétement son opinion. Mais dans ce temps-là, se préparaient précisément les faits qui devaient amener leur conversion à tous deux.

En 1838, M. Boucher de Perthes avait présenté à la Société des sciences d'Amiens des haches de silex recueillies dans des terrains diluviens de la Picardie. Ses conclusions ne furent pas admises d'abord. Cependant, des personnes qu'il amena sur les lieux trouvèrent elles-mêmes des haches, et se rangèrent à son opinion. Parmi elles, était M. Morlot, qui put faire de fort belles découvertes à Saint-Acheul. En 1858, et dans les années suivantes, MM. Gaudry et Prestwich, trouvèrent de leurs mains des débris d'industrie humaine; MM. Hébert, Lartet, Gosse, multipliaient en France les recherches et les découvertes; M. Alphonse Edwards visitait la grotte de Lourdes. En 1860, M. Lartet publia ses belles recherches sur la caverne d'Aurignac, recherches qui convertirent M. Des-

Digitized by Google

noyers, qui, quelques années auparavant, avait si nettement conclu dans le sens contraire, et le professeur lui-même. Les travaux arrivaient de tous côtés, poursuivis avec persévérance par une foule de savants, parmi lesquels il faut surtout citer MM. Lartet, Christy, Garrigou et de Vibraye...

Dans l'immense majorité des cas, on rencontrait des silex et parfois des os d'animaux taillés et sculptés, mais pas d'ossements humains. Ceci était peu important au fond. Ces pierres n'avaient pu se tailler elles-mêmes, et attestaient autant que des ossements l'existence de l'homme. La question eût donc été résolue, même si d'autres preuves n'étaient venues à l'appui. Mais l'absence d'ossements humains était un fait étrange, et donnait champ aux plaisanteries.

Telle était la situation, lorsque M. Boucher de Perthes annonça qu'il venait de trouver à Moulin-Quignon, près d'Abbeville, une mâchoire humaine fossile. L'impression causée par l'annonce de cette découverte fut immense, et il serait fort curieux de relater ici tous les incidents auxquels elle donna lieu.

Le 23 mars 1863, M. Boucher de Perthes avait retiré de sa main cette mâchoire, encore retenue dans sa gangue. C'était la digne récompense de ses recherches infatigables, la dernière preuve tant cherchée de la cause qu'il soutenait. M. de Quatrefages se rendit chez M. Boucher de Perthes, et y rencontra M. Falconer, le célèbre paléontologiste anglais. Tous trois allèrent sur les lieux, et M. de Quatrefages put recueillir de sa main deux haches, dont l'une était encore en place après un éboulis. Il était donc bien sûr de l'authenticité de cette hache au moins. Falconer partageait sa conviction, quand ils se quittèrent à Abbeville. M. de Quatrefages, de retour à Paris, présenta alors la mâchoire à l'Académie, en se contentant d'en faire l'ostéologie comparée, et sans parler de son authenticité. Presque en même temps, paraissait à Londres une lettre de Falconer, annonçant qu'il y avait eu erreur, et qu'on ne pouvait donner aucune importance aux découvertes de Moulin-Quignon. Le professeur avoue que cette lettre lui causa la plus grande surprise, et que la conviction, nettement exprimée par M. Falconer à Abbeville, ne pouvait nullement lui faire prévoir un revirement si prompt. Il se mit alors à étudier comparativement la hache recueillie par lui et la mâchoire. M. Delesse, auquel il s'en rapporta dans cette circonstance, déclara que la matière qui avait englobé les deux objets était identique. Tout concourait à démontrer l'authenticité de la mâchoire. Pourtant l'impression produite par la lettre de Falconer était telle que, pendant plusieurs jours, M. de Quatrefages se trouva seul sur la brèche à défendre cette authenticité.

Toutefois, quelques savants voulurent juger par eux-mêmes. MM. Desnoyers, Pictet, Gaudry, Alphonse Edwards, déclarèrent bientôt qu'ils partageaient pleinement sa croyance, et l'autorisèrent à citer leur témoignage. C'est alors que M. Falconer et d'autres proposèrent la vérification en commun. C'était un véritable cartel. M. Edwards fut nommé président, et l'on établit la liste des tenants. Il y eut quatre ou cinq séances au Muséum, et comme on ne s'entendait pas, on se rendit sur les lieux. Là, se livrant à un travail qu'on n'avait pu prévoir, ces savants trouvèrent en place une hache analogue aux premières, et tenant encore au sol. M. Falconer et ses partisans se rendirent et signèrent un procès-verbal avec une loyauté à laquelle le professeur est heureux de rendre hommage.

Malheureusement, une fois de retour en Angleterre, ces savants se rétractèrent. Alors se passa un singulier épisode. On envoya de Londres à Moulin-Quignon un marchand d'objets d'histoire naturelle, qui, après avoir constaté l'authenticité des objets qu'il retirait lui-même de la carrière, déclara ensuite qu'il y avait eu fraude de la part des ouvriers qu'on employait. M. Prestwich, qui le dernier était resté fidèle au procès-verbal d'Abbeville, se rétracta alors. Mais à cette époque même, M. Boucher de Perthes recueillit de nombreux squelettes de tout âge, des os roulés, etc. Les caractères de ces os étaient identiques avec ceux de la mâchoire, et l'on y trouva un sable gris analogue à celui qui, trouvé dans le canal dentaire de la mâchoire, avait été l'occasion d'attaques et d'objections de la part des adversaires. Les dernières difficultés étaient ainsi résolues.

En résumé, la question d'authenticité soulevée par la découverte de Moulin-Quignon, est aujourd'hui vidée. Personne ne la met plus en doute, si ce n'est peut-être en Angleterre. Mais tout le monde n'est pas également convaincu de l'importance de cette découverte. La question est double en effet : d'un côté, il fallait démontrer l'authenticité de la mâchoire ; de l'autre, prouver que cette authenticité entraînait l'existence de l'homme anté-diluvien, ou mieux de l'homme antérieur à la période géologique actuelle.

Or, M. Élie de Beaumont, que ses adversaires eux-mêmes reconnaissent pour le père de la géologie moderne, n'admet pas que les terrains de Moulin-Quignon appartiennent au diluvium, et n'y voit que l'effet d'un de ces grands orages, rares, il est vrai, mais qui, en certains lieux, remuent parfois le sol. Nous n'avons pas qualité pour nous prononcer entre d'illustres géologues, les uns affirmant, les autres niant. Mais si nous ne pouvons fournir des preuves géologiques de l'existence de l'homme à une autre époque, c'est à un autre ordre d'idées que nous nous adresserons; ces preuves nouvelles, nous les possédons, grâce aux magnifiques travaux de M. Lartet, et nous les examinerons dans la prochaine séance.

## VII.

### De l'homme anté-historique (fin). — Migrations par terre.

Nous avons commencé dans notre précédente leçon l'examen de la question de l'homme fossile. Après avoir fait remarquer l'universalité de la tradition d'un déluge ou d'une catastrophe ayant bouleversé le monde, nous avons cherché des preuves scientifiques de l'existence de l'homme avant l'époque géologique actuelle. Ces preuves nous sont fournies par trois ordres de considérations : présence de restes de l'homme dans un terrain non remanié, mélange ou voisinage de ces restes humains et de débris d'espèces perdues, ossements d'animaux disparus, sculptés ou travaillés par l'homme. Les espèces animales jouent donc un grand rôle dans ce problème.

Nous avons ensuite brièvement fait l'historique de la question, et nous y avons trouvé la raison de cette réponse généralement négative adressée aux faits jusqu'en ces derniers temps. La fameuse mâchoire de Moulin-Quignon, cet ossement humain qui a donné lieu à tant de controverses, nous a surtout arrêtés. Nous avons vu cette découverte importante de M. Boucher de Perthes passer par des péripéties nombreuses jusqu'à pleine confirmation du fait, jusqu'à la découverte d'autres débris trouvés par les adversaires eux-mêmes.

Si la question d'authenticité est résolue, la question géologique ne l'est pas. M. Élie de Beaumont admet un remanie-

Digitized by Google

ment du terrain qui a placé l'homme à côté d'ossements quaternaires bien antérieurs à lui. M. Élie de Beaumont a pour contradicteurs MM. d'Archiac, Prestwich et bien d'autres. On comprend qu'entre de telles autorités nous ne puissions choisir dans un débat de géologie. Il fallait donc trouver une preuve ailleurs. C'est à M. Lartet, homme d'un savoir profond et d'une modestie parfois exagérée, que la science est redevable de cette démonstration, et c'est à Aurignac qu'il a trouvé la preuve évidente de la contemporanéité de l'homme et des espèces perdues.

Aurignac est un chef-lieu d'arrondissement de la Haute-Garonne, situé dans un massif montagneux. Tout à côté se trouve la colline de Fajoles (remarquons en passant que ce nom de Fajoles rappelle le hêtre, complétement disparu aujourd'hui de cette contrée). Cette colline se compose de terrains nummulitiques, et c'est là, en dehors de tout diluvium, qu'on a trouvé l'homme dans une véritable sépulture. On y a trouvé des ossements appartenant à des individus de différents âges, des ustensiles, etc. Malheureusement la science ne put profiter, autant que cela eût été possible, de ces richesses accumulées, et nous avons ici un triste exemple de l'indifférence que l'on trouve trop souvent, même chez des hommes instruits et éclairés, pour tout ce qui n'est pas d'une utilité immédiate.

Sur l'escarpement rapide que forme au nord-ouest la colline de Fajoles était un trou, bien connu des chasseurs, car par là disparaissaient souvent les lapins vivement poursuivis. En 1852, un ouvrier terrassier nommé Bonnemaison, qui travaillait à la route et qui connaissait ce trou, y enfonça le bras pour juger de sa profondeur. Grande fut sa surprise quand il saisit et ramena un os de forte dimension. Frappé de l'idée d'un trésor caché, Bonnemaison attaqua l'éboulement qui recouvrait le flanc de la colline en cet endroit et rencontra une plaque de grès qui fermait une ouverture. Il l'eut bientôt écartée et il se trouva en face d'un véritable ossuaire. La rumeur fut grande dans le pays à la nouvelle de la découverte d'ossements accumulés dont on ne soupçonnait pas l'existence; des récits coururent sur des faux monnayeurs ayant habité jadis la contrée, sur des crimes commis, etc. Pour y couper court, le maire d'Aurignac fit ramasser tous ces ossements et les fit transporter au cimetière; et lorsque, dix ans après, M. Lartet interrogea le fossoyeur, il lui fut impossible de retrouver la place où tous ces ossements avaient été jetés. Cependant, d'après l'observation rapide du docteur Amiel, maire de la commune, dix-sept squelettes au moins avaient été ainsi découverts, et ces ossements étaient des ossements d'hommes, de femmes et de tout jeunes enfants. Quelques débris d'animaux trouvés en même temps avaient été envoyés à M. Leymerie, professeur à Toulouse, ainsi que des rondelles de coquilles percées.

C'est en 1860 que M. Lartet passa par là. Il avait vu chez M. Leymerie les ossements qui lui avaient été envoyés, et il s'était résolu à faire à Aurignac de sérieuses recherches scientifiques.

La grotte était taillée dans le corps de la roche nummulitique, fermée, comme nous l'avons dit, par une plaque de grès qui avait été brisée pour paver la route. Elle avait $2^m,25$ de longueur, 3 mètres de largeur, $2^m,50$ dans sa plus grande hauteur. Le sol de cette grotte et la terrasse qui en précède l'entrée étaient formés de lits terreux superposés dans lesquels M. Lartet trouva une demi-mâchoire et quelques ossements humains parmi des débris d'animaux. Ces animaux étaient ceux que l'on considère comme caractéristiques des terrains quaternaires. En cet endroit, ces os n'étaient ni fracturés ni rongés, et parmi eux se trouvèrent ceux d'un membre d'*ursus spelæus*, qui avait été probablement déposé là à titre d'offrande funèbre; mais en dehors de la grotte on trouva les traces d'un foyer, des ossements calcinés, fendus pour en extraire la moelle ou rongés par des hyènes dont les coprolithes étaient mélangés aux cendres ou disséminés dans le sol superposé. Huit espèces sur les neuf caractéristiques du terrain quaternaire se trouvèrent là. La seule qui manque est l'*Urus*, disparu le dernier, et qui était encore servi au XIe siècle sur la table des moines de Saint-Gal.

M. Lartet trouva là deux molaires de *Rhinoceros tichorhinus* et de ses os qui avaient été cassés pour en extraire la moelle ou rongés par des hyènes. Cette dernière observation amène la conviction. En supposant que l'homme ait ramassé ailleurs ces ossements et les ait apportés là, il n'est pas possible que la hyène soit venue plus tard ronger des os fossiles. Évidemment le *Rhinoceros tichorhinus*, l'homme qui en brisait les os, la hyène qui les rongeait, étaient contemporains.

La coexistence de l'homme, de l'*Ursus spelæus*, du *Rhinoceros tichorhinus* et de la hyène semble donc bien établie par tous les faits qui s'enchaînent.

Si le débat entre géologues n'est pas terminé, le fait de l'existence de l'homme avant l'époque géologique actuelle et de sa contemporanéité avec des espèces perdues ou éloignées est parfaitement démontrée pour le zoologiste et le paléontologiste. Le professeur fut, en ce qui le concerne, longtemps incrédule, puis incertain; M. Boucher de Perthe ébranla son incrédulité; les travaux de M. Lartet lui apportèrent la conviction la plus grande. Ces travaux de M. Lartet ont été la clef de voûte qui a réuni les observations incomplètes et auxquelles on pouvait faire des objections.

Il serait maintenant intéressant de suivre M. Lartet dans ses recherches, mais nous reviendrons sur ce sujet. Aujourd'hui, nous nous contenterons de faire connaître comment il a été amené par comparaison à établir des périodes dans ces temps anté-diluviens, comme les savants danois l'avaient fait pour les temps post-diluviens.

Parmi les animaux de la formation quaternaire, il en est qui ont vécu à des époques diverses, l'Ursus disparaît le premier; puis l'Éléphant et le Rhinocéros; puis le Renne et enfin l'Urus. De là quatre âges appelés par M. Lartet, qui leur applique le nom des espèces caractéristiques, l'âge de l'Ours, l'âge de l'Éléphant et du Rhinocéros, l'âge du Renne et l'âge de l'Urus.

M. Lartet a fait d'ailleurs remarquer qu'en donnant une valeur positive à l'absence d'une espèce dans une localité, ces âges ne peuvent être regardés que comme tout à fait locaux et propres à la France. En effet, le Renne et l'Aurochs vivent encore; le Renne, au temps de César, habitait les forêts de la Germanie, et au temps de Pallas, au siècle dernier, il descendait jusque dans le Caucase, à la hauteur de notre bassin sous-pyrénéen, c'est-à-dire à la même hauteur que nos sépultures antiques. Il est donc bien évident que ces distinctions en époques ne peuvent être, comme l'a fait observer M. Lartet, que tout à fait locales.

Nous avons vu que l'homme, dans les temps anté-historiques et post-diluviens a traversé trois périodes caractérisées par des changements dans son industrie; nous avons vu qu'il

Digitized by Google

existe également dans les terrains quaternaires et qu'il y est contemporain de quatre périodes. Ne peut-on pas aller encore au delà? Peut-on trouver l'homme dans la période tertiaire?

Dans une conversation que M. de Quatrefages eut à Abbeville avec M. Falconer, celui-ci lui disait qu'il avait comme un pressentiment de cet homme du terrain tertiaire. En se laissant aller aux traditions indiennes, ne pourrait-on pas voir, disait-il, dans le Roc, cet oiseau immense, dans cette grande Tortue qui soutenait le monde, le souvenir de l'époque tertiaire vaguement conservé par les peuples? Évidemment ce n'était là qu'une simple conjecture de conversation, et M. Falconer ne prétendait certes pas démontrer ainsi l'existence de l'homme à cette période géologique.

Un seul naturaliste est venu apporter depuis des faits qui semblent témoigner de l'existence de l'homme à cette époque; c'est M. Desnoyers. L'ancienne incrédulité dans cette matière si nettement exprimée autrefois par ce savant donne une grande importance à son témoignage; mais il n'est pas permis pour cela de regarder son observation comme l'œuvre de la foi trop ardente d'un nouveau converti.

Les observations qu'il a publiées à ce sujet portent le cachet de l'étude la plus sévère et la plus attentive.

C'est près de Chartres, dans la sablonnière de Saint-Prest, dépendant de la vallée de l'Eure et appartenant au pliocène, que M. Desnoyers a fait sa découverte. On y trouve des ossements de l'*Elephas meridionalis*, de l'*Hippopotamus major*, espèces propres au terrain tertiaire. C'est là que M. Desnoyers s'était rendu en 1863 pour y chercher des fossiles, ne se doutant nullement qu'il y allait trouver une voie nouvelle d'exploration. Aussi fut-il très-surpris de voir sur un tibia de rhinocéros des stries causées par un instrument tranchant, et semblables à celles qui se voient parfois sur les ossements de la période quaternaire. M. Desnoyers visita alors les collections de fossiles venant de cette localité, la collection du Muséum, celles de l'école des Mines, de M. le duc de Luynes et de la ville de Chartres. Sur la plupart des os qu'elles renferment il trouva le même fait, des traces d'instruments tranchants.

C'est alors qu'il publia son observation et qu'avec une extrême prudence il soumit les objets à l'examen des savants. Le professeur a vu M. Lyell examiner ces ossements chez M. Desnoyers. M. Lyell ne disait pas grand'chose; mais son attitude était celle d'un homme qui se trouve devant un fait convainquant qu'il n'aime pourtant pas à accepter d'emblée. Pour M. de Quatrefages, ces entailles ont tout l'air d'être artificielles. L'une surtout, profonde et un peu oblique que présente un de ces os.

Il faut l'avouer, ce n'est encore qu'un fait unique, et qui par cela même demande confirmation. Les instruments qui ont fait ces entailles ne sont pas trouvés; il faut chercher les haches ou les flèches qui ont entaillé les ossements découverts par M. Desnoyers et une tête d'éléphant de la même époque que possède le Muséum.

En résumé, l'homme est certainement antérieur à la formation quaternaire; peut-être l'est-il aussi au pliocène du terrain tertiaire; telle paraît être au professeur la conclusion légitime des faits recueillis jusqu'à ce jour.

Mais, pour que nous trouvions des restes humains à ces deux époques en France, il fallait que l'homme eût quitté depuis longtemps son centre asiatique, que depuis longtemps il eût commencé les migrations.

C'est ainsi que nous nous trouvons amenés à étudier ce grand fait des migrations humaines; que nous sommes conduits à nous demander comment, quittant l'Asie centrale, son centre probable de création, l'homme a pu se répandre par toute la terre.

Au premier abord, le fait peut paraître difficile à expliquer, et, exagérant comme toujours les difficultés, beaucoup ont déclaré la chose impossible.

Un savant éminent, M. Ch. Vogt, a soutenu plus qu'aucun autre cette impossibilité, dans un écrit où il est peut-être allé au delà de sa pensée, entraîné qu'il était par l'ardeur de la discussion, car il y répondait à une attaque imméritée. « Quant aux populations de l'Amérique, de l'Australie et des archipels océaniens, dit-il, leur provenance de l'ancien continent à une époque anté-historique est une impossibilité, tout aussi bien que la navigation du Moufflon vers la Sardaigne. Alors même que l'on pourrait — ce qui n'est pas — prouver que les races humaines diffèrent l'une de l'autre aussi peu que possible; alors même qu'on pourrait être tenté par suite de les regarder comme descendant d'une même paire, cette descendance devrait être repoussée comme impossible pour des raisons géographiques. »

Ce langage est affirmatif; voyons s'il est fondé.

Vogt exprime plusieurs assertions. Il pose d'abord les questions de différence et de ressemblance; elles ont été examinées l'année dernière et nous n'y pouvons revenir. — L'unité de la paire primitive est niée par Vogt. Mais nous avons vu comment il faut l'envisager; nous n'affirmons pas qu'elle ait existé, nous disons seulement que tout est comme si elle avait existé. — Enfin Vogt veut que les Américains aient été créés en Amérique, les Polynésiens en Polynésie, etc.... C'est la doctrine d'Agassiz, de la Peyrère, de tous les polygénistes, et nous avons montré qu'elle met l'homme en contradiction avec les lois générales qui régissent les êtres vivants.

Malgré les atténuations récemment apportées par Vogt à ses anciennes opinions, le fond de sa pensée persiste; il admet toujours plusieurs souches humaines et se refuse au peuplement par migration. Bien que nous ayons montré ce que la doctrine qui s'appuie sur l'impossibilité des migrations a de foncièrement inexact, nous ne devons pas moins l'examiner et la discuter au point de vue des faits après l'avoir étudiée déjà au point de vue des principes.

L'impossibilité des migrations est un argument qui a toujours paru fort étonnant au professeur. Le contraire pour lui serait l'impossibilité. Avec Lyell il soutient que l'homme à l'état le plus sauvage, porté sur un point quelconque du globe, finirait par l'envahir tout entier, malgré les obstacles naturels. Il faut d'ailleurs distinguer dans cette question la migration par terre et la migration par mer.

Les migrations par terre méritent à peine de nous arrêter. Quels sont, en effet, les obstacles que l'homme rencontrera? Les fleuves, les forêts, les montagnes, les marais, les déserts, rien de tout cela ne peut l'arrêter. Les *fleuves*, loin de lui faire obstacle, ont de tout temps favorisé les migrations. Les peuples les plus sauvages nous apparaissent navigateurs; tous savent disposer une peau ou creuser un arbre pour s'en faire des canots qui leur servent à traverser ou à descendre les fleuves. — Les *forêts* ont été traversées partout en tous sens; les Paulistas ont parcouru par petites bandes les forêts malsaines du Brésil, d'une extrémité à l'autre, c'est-à-dire dans un parcours égal à la distance qui sépare la France de la

Digitized by Google

Sibérie. — Les *montagnes* ont été franchies par Annibal et ses éléphants, par les Français et leurs canons, c'est-à-dire avec tout ce qui peut embarrasser la marche.— Quant aux *marais*, les Palus Méotides n'ont pas arrêté les hordes asiatiques; les marais de l'Alabama, de la Floride et de la Géorgie n'ont pas arrêté les aventuriers qui suivirent Fernand de Soto. — Les *déserts* sont sillonnés en tous sens par les caravanes.

Les obstacles naturels disparaissent donc devant la volonté de l'homme; le seul obstacle aux migrations est l'homme lui-même, et malgré tout il n'en a pas moins accompli ces immenses voyages qui ont peuplé le monde. Les migrations de l'Asie vers l'Europe sont historiques, et le récit que nous allons faire d'un de ces voyages de peuple accompli de nos jours, malgré tous les obstacles réunis, démontrera la possibilité du fait à cette époque où la nature seule s'opposait à son accomplissement.

Vers l'an 1616, d'après la date chinoise, une horde de Kalmouks quitta la Chine, traversa l'Asie nous ne savons comment, et vint s'établir sur les deux rives du Volga. Ils subirent naturellement en ce lieu la domination russe, et pendant un siècle et demi vécurent en paix. Les Russes avaient respecté leurs mœurs pastorales, et, de leur côté, ils fournissaient des soldats à l'armée. La colonie vivait donc heureuse et tranquille. En 1761, un jeune chef nommé Oubacha recueillit la succession de son père; mais Rébek, son cousin, prétendait y avoir droit. Les Russes ayant reconnu Oubacha comme légitime héritier, Zébek furieux de voir ses prétendus droits méconnus, résolut de se venger. Il conçut l'étrange projet de reconduire toute cette population jusqu'en Chine, espérant que l'occasion se présenterait en chemin de tuer son compétiteur.

A cet effet, il se ligue avec le Lama ou grand-prêtre et fit entrer Oubacha lui-même dans le complot. Il fit rendre au chef-dieu un oracle qui déclarait cette véritable exode œuvre de foi, et se rendit ainsi maître de l'esprit de ces peuplades grossières. Les préparatifs se firent; on attendit l'époque où les glaces permettraient de traverser le fleuve. Tout cela se fit avec tant de calme, le secret du départ fut tellement bien gardé, que ce projet resta absolument inconnu des Russes. Enfin, au jour fixé, le 5 janvier 1771, tous les Kalmoucks de la rive orientale se mirent en marche, se dirigeant vers le lieu fixé pour le rendez-vous. Ceux de la rive occidentale n'y vinrent pas, soit qu'ils n'eussent pu traverser le fleuve, soit que certains mouvements de l'armée russe les eussent effrayés. Au point du jour les kalmoucks de la rive orientale se formèrent en corps de bataille et émigrèrent. Ils marchaient par groupes de dix à douze mille; les femmes et les enfants, au nombre de deux cent cinquante mille, formaient aussi plusieurs groupes escortés par des cavaliers; l'arrière-garde comptait soixante à quatre-vingt mille hommes. On doit ces chiffres à un officier russe que les Kalmoucks avaient fait prisonnier et qu'ils emmenèrent dans leur voyage.

En sept jours ils furent à la rivière Djem, à cent lieues du Volga. Là commencèrent leurs épreuves. Ils y rencontrèrent, en effet, des Cosaques, leurs ennemis. Une tribu de Kalmoucks, que les Cosaques haïssaient particulièrement, fut attaquée par eux et massacrée. On voulut alors s'arrêter et venger les morts en assiégeant la colonie cosaque; mais l'armée russe s'avançait et il fallait gagner promptement, à 80 lieues de là, un défilé qui eût barré le passage. On se remit en marche. Vint en route la neige; on dut, dans la crainte de la famine, tuer et saler les bestiaux qui mouraient, et quand on arriva au défilé, on le trouva occupé par les Cosaques. Les Kalmoucks parvinrent cependant à le tourner et leurs ennemis furent défaits. Mais l'armée russe s'avançait toujours; l'hiver était des plus rigoureux; on n'avait plus de bestiaux. Les émigrants furent alors réduits à faire le trajet à pied. La route se marquait de cadavres d'émigrants morts de froid; les femmes, les enfants et les vieillards étaient en arrière; on brûlait tout pour se chauffer. Enfin le printemps vint alléger toutes ces misères, et l'on atteignit la fin du mois de juin. On était alors à la Torgaï, au nord du lac Aral.

Ainsi, en cinq mois, ces hommes, presque sans vivres, ayant à lutter contre tous les obstacles de la nature et des ennemis armés tout le long de leur route, avaient fait sept cents lieues. Ils avaient perdu deux cent cinquante mille âmes; pas une tête de bétail ne survivait excepté les chameaux. Ils espéraient se reposer, et envoyèrent alors prévenir l'empereur de la Chine de leur arrivée. Mais ils apprirent qu'un général russe, qui avait recruté sur son chemin des hordes de leurs ennemis héréditaires, les Baskirs et les Kirghises, les poursuivait. Il fallut se remettre en marche.

Nous ne les suivrons pas plus loin dans les combats continuels qu'ils eurent à soutenir contre les alliés du czar, au milieu des déserts de l'Asie ou dans leurs luttes avec les populations des pays qu'ils traversaient défendant leurs biens et leurs vivres. On se figure aisément ce que doit être ce voyage. Enfin, en septembre 1771, ils arrivèrent sur les limites de la Chine. Ils y trouvèrent l'empereur Kien-long qui chassait. Cette rencontre fut heureuse pour les Kalmoucks. Ils s'étaient débandés et s'étaient répandus sur les bords d'un lac pour étancher leur soif, quand ils furent attaqués par les Kirghis qui les poursuivirent, et beaucoup furent massacrés. Mais les Chinois dirigèrent leurs canons contre ces Kirghis et les dispersèrent. Au lieu où les Kalmoucks étaient arrivés en Chine, l'empereur fit élever une colonne; il leur donna des terres et de l'argent; mais les fatigues et les malheurs de la route avaient été tels que beaucoup d'entre eux perdirent la raison, d'autres renoncèrent à leurs habitudes pastorales.

Dans le courant du voyage, Zébek avait tenté vainement de tuer son compétiteur. Arrivé en Chine, l'empereur, pris pour arbitre, donna raison à Oubacha. Zébek conspira alors contre l'empereur, et celui-ci, pour le punir, le fit assassiner.

Voilà donc une migration accomplie malgré les femmes et les enfants que ces peuples emmenaient; malgré des ennemis les attaquant continuellement; malgré les fleuves, les montagnes et les déserts; malgré les rigueurs de l'hiver et les chaleurs de l'été, tous deux excessifs dans cet immense parcours. Tout rendait une pareille migration impossible en apparence, et pourtant elle se fit en moins d'une année. — L'histoire a, du reste, gardé d'autres faits plus anciens, plus considérables même, mais qu'on oublie trop facilement. C'est pourquoi il était bon de citer un fait récent et peu connu.

Nous voyons donc que les migrations par terre sont possibles. Nous devons maintenant examiner la question des migrations par mer. Mais pour cela il nous faudra étudier d'abord la physique générale du globe, les vents, les courants, etc. Ce sera le sujet de notre prochaine leçon.

L. Hallez.

Digitized by Google

## ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

### CHIMIE MINÉRALE (1).

COURS DE M. RICHE.

#### L'ammoniaque

Les anciens chimistes connaissaient l'ammoniaque; mais ce corps fut confondu pendant longtemps avec le carbonate d'ammoniaque. C'est Block qui, le premier, les distingua. Plus tard, Priestley fit voir que l'ammoniaque renfermait de l'azote et de l'hydrogène; mais c'est à Berthollet que l'on doit la détermination exacte des éléments qui le constituent.

C'est un gaz incolore; son odeur vive et pénétrante provoque les larmes. Sa saveur est âcre, comme celle des alcalis en général; il bleuit fortement le tournesol rougi par les acides, et verdit le sirop de violettes. Cette propriété, qui n'appartient à aucun fluide élastique, suffit pour le caractériser; c'est même de là que lui est venu son nom d'alcali volatil. Sa densité est 0,591, ce qui donne 0,764 pour le poids du litre.

L'ammoniaque est un des gaz les plus solubles dans l'eau que l'on connaisse; l'eau en dissout, en effet, 1049 fois son volume à 0 degré. Si nous mettons en contact avec ce liquide une éprouvette pleine de gaz ammoniaque pur recueilli sur le mercure, l'absorption est instantanée, l'eau s'élève avec violence dans l'éprouvette, et en frappe la partie supérieure avec assez de force pour la briser.

Des traces d'air suffisent pour ralentir l'absorption, et par suite pour éviter la rupture de la cloche. Il se produit là une simple dissolution et non pas une combinaison; en effet, si, nous chauffons cette substance, tout le gaz s'en échappe.

Le gaz ammoniac n'est pas permanent; c'est, du reste, ce que nous pourrions prévoir d'après sa solubilité si grande dans l'eau; il se liquéfie à 0 degré, sous une pression de 4 atmosphères et demi, ou à —40 degrés sous la pression ordinaire. Dans le laboratoire on opère sa liquéfaction de la manière suivante. Le chlorure d'argent possède la propriété d'absorber 320 fois son volume de gaz ammoniac et le dégage en entier vers 40 degrés. On introduit donc quelques grammes de ce chlorure d'argent saturé de gaz ammoniac dans un tube recourbé, scellé à la lampe; l'une des branches du tube est entourée de glace; l'autre, celle qui renferme le chlorure, est chauffée légèrement; le gaz ammoniac se dégage, se liquéfie sous l'influence de sa propre pression, et vient se condenser dans la branche refroidie. C'est un liquide incolore transparent, très-mobile, qui, soumis à un froid intense de —80 degrés, se solidifie en une masse blanche, cristalline et transparente. Nous ne pouvons passer ici sous silence les appareils si curieux, que M. Carré fabrique depuis deux ou trois ans, qui permettent de liquéfier l'ammoniaque avec facilité, et au moyen desquels on produit un froid très-intense utilisé notamment pour la préparation de la glace. Le froid est produit par la vaporisation rapide de l'ammoniaque liquéfié; les appareils sont de deux espèces: ou bien ils sont petits et intermittents, ou bien ils sont industriels et continus. Une fois chargés avec l'ammoniaque du commerce, ils peuvent servir indéfiniment, car ils sont hermétiquement clos; ils produisent des températures de 40 degrés au-dessous de 0 degré, et permettent d'obtenir 3 à 4 kilogrammes de glace par kilogramme de charbon brûlé.

Le principe de l'appareil Carré est bien simple, l'opération se fait en deux temps:

1° *Liquéfaction de l'ammoniaque.* Pour cela, un générateur contenant la solution ammoniacale, est placé sur un fourneau et communique avec un récipient entouré d'eau. Le gaz ammoniac dégagé vient se condenser dans de petites augettes; le dégagement est terminé quand le thermomètre indique 130 degrés. On enlève alors le générateur du feu et l'on place dans la cavité centrale du récipient un vase en tôle très-mince, rempli d'eau: c'est alors que commence la deuxième phase de l'opération.

2° *Vaporisation de l'ammoniaque liquéfiée.* — La pression diminuant, l'ammoniaque liquéfié se vaporise et le gaz produit se redissout dans l'eau du générateur refroidie. Le froid résultant de cette évaporation rapide congèle l'eau renfermée dans le vase de tôle. Pour qu'on puisse retirer ce dernier, on a soin d'introduire dans la cavité centrale une petite quantité de chlorure de calcium qui ne se gèle pas par le refroidissement. Quand l'opération est terminée, l'appareil se retrouve dans les conditions premières et peut recommencer à fonctionner.

*Propriétés chimiques.*—Si l'on fait passer l'ammoniaque à travers un tube rempli de fragments de porcelaine et chauffé au rouge, il se dédouble en ses éléments, azote et hydrogène. L'étincelle électrique produit le même effet. L'oxygène agit sur l'ammoniaque sous l'influence de l'électricité; il se forme de l'eau et de l'azote, plus une petite quantité d'azotate d'ammoniaque.

Si l'on fait passer un mélange de gaz ammoniac et d'oxygène sur de la mousse de platine légèrement chauffée, le gaz qui se dégage fume à l'air, et rougit le tournesol: c'est de l'acide azotique:

$$AzH^3 + O^8 = AzO^5,3HO.$$

Un grand nombre de corps en contact avec l'ammoniaque produisent des phénomènes de substitution partielle ou totale. Tels sont le chlore, l'iode, le carbone, le nitrate, etc.

Si l'on fait passer du chlore en excès dans de l'ammoniaque, il se forme une substance très-détonante, $AzCl^3$.

Si l'ammoniaque prédomine, on obtient de l'azote:

$$4AzH^3 + 3Cl = 3(AzH^3,HCl) + Az.$$

Sous l'influence de la chaleur, l'iode peut décomposer le gaz ammoniac et produire de l'acide iodhydrique et de l'azote. Mais si l'on fait arriver un courant de gaz ammoniac sur de l'iode préalablement refroidi, on obtient un liquide noir, qui, sous l'action de l'eau, se décompose en iodhydrate d'ammoniaque et en un corps insoluble très-explosif, l'iodure d'azote, nom fort impropre, car la formule de ce corps est $AzHI^2$; le remplacement de l'hydrogène par l'iode n'est pas complet.

Sous l'influence d'une température élevée, le carbone décompose le gaz ammoniac; il se trouve du cyanhydrate d'ammoniaque et de l'hydrogène:

$$2AzH^3 + 2C = AzH^3,HC^2Az + 2H.$$

C'est encore un phénomène de substitution; deux équivalents de carbone ont remplacé deux équivalents d'hydrogène:

$$\text{Ammoniaque} = Az \left\{ \begin{array}{l} H \\ H \\ H. \end{array} \right.$$

$$\text{Acide cyanhydrique} = Az \left\{ \begin{array}{l} H \\ C \\ C. \end{array} \right.$$

(1) Voy. les nos 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'*eau*), 23, 28, 31 (conférence de M. Riche, sur l'*air*), 36 et 39.

Digitized by Google

Les métaux, avons-nous dit, agissent sur l'ammoniaque. En effet, si l'on chauffe dans une cloche courbe du potassium ou du sodium avec du gaz ammoniac, ces métaux prennent une teinte verdâtre et de l'hydrogène est mis en liberté : il se forme des composés qui ont pour formules :

$$AzH^2K, \quad AzH^2Na,$$

d'après les réactions suivantes :

$$AzH^3 + K = AzH^2K + H.$$

Si l'on continue longtemps à chauffer la substitution augmente et l'on obtient les corps $AzK^3$, $AzNa^3$ :

$$AzH^2K + K^2 = AzK^3 + H^2.$$

Enfin, sous l'influence d'une température plus élevée, ces produits se détruisent à leur tour.

Cette dernière circonstance explique probablement ce qui e passe quand on dirige un courant d'ammoniaque sur du fer ou du cuivre pesés avec soin et chauffés au rouge. Après l'expérience, on retrouve ces métaux avec leur poids primitif; mais leur état physique est complétement modifié; ils ont perdu toute malléabilité et sont devenus cassants, comme si l'azote était venue s'unir à eux et que l'élévation prolongée de la température eût détruit ensuite la combinaison. L'instabilité des composés formés empêche d'en avoir la preuve certaine.

L'ammoniaque s'unit aux acides; avec l'acide chlorhydrique, ce gaz donne immédiatement naissance à un produit solide qui est le chlorhydrate d'ammoniaque $AzH^3$, HCl.

*Théorie de l'ammonium.* — Si l'on examine la forme cristalline et l'ensemble des propriétés physiques et chimiques de ce sel, $AzH^3$,HCl, on trouve qu'elles sont entièrement analogues à celles du chlorure de potassium ou de sodium KCl, NaCl ; et cependant la formule chimique est très-différente.

Si l'on combine l'ammoniaque à un oxacide anhydre, l'acide sulfurique, par exemple, on obtient un composé $AzH^3$, $SO^3$, qui est semblable, par sa formule, au sulfate de potasse KO, mais n'en possède cependant aucune des propriétés et ne présente même pas les caractères des sulfates ; on nomme ce corps *sulfamide*, et les composés analogues s'appellent *amides*.

Dirigeons-nous, au contraire, du gaz ammoniac dans de l'acide sulfurique hydraté, nous obtenons un corps cristallisé comme le sulfate de potasse, isomorphe avec lui et donnant des aluns isomorphes avec les aluns correspondants donnés par le sulfate de potasse. Cependant le sulfate de potasse KO, $SO^3$, est anhydre, et le sulfate d'ammoniaque est hydraté : $AzH^3$ HO,$SO^3$. Si l'on adopte ces formules pour les sels ammoniacaux, les lois si remarquables de l'isomorphisme se trouvent détruites, et il faut cesser d'admettre que les corps isomorphes possèdent une constitution correspondante. Mais ces anomalies disparaissent si l'on admet l'existence d'un corps composé ($AzH^4$) jouant le rôle d'un corps simple ; dans ce cas, la formule du sulfate d'ammoniaque devient $AzH^4O$, $SO^3$, celle du chlorhydrate $AzH^4Cl$. Cette hypothèse, proposée par Ampère et développée par Berzelius, constitue la *théorie de l'ammonium*, nom donné au corps composé ($AzH^4$).

Les efforts tentés jusqu'ici dans le but d'isoler l'ammonium ont échoué ; certaines réactions semblent cependant indiquer que ce corps peut se produire dans certaines circonstances, mais qu'il se détruit aussitôt. Tout le monde connaît la célèbre expérience que fit Davy en 1807; il montra qu'en creusant un morceau de potasse en forme de capsule, et en soumettant ce corps à l'action d'une pile dont le pôle négatif se rendait dans la partie creusée remplie de mercure, on obtenait bientôt un amalgame de potassium. Au lieu de potasse, si l'on emploie du chlorhydrate d'ammoniaque, on voit de même le morceau se gonfler, comme si l'ammonium était venu s'y dissoudre. Si dans de l'amalgame de potassium chauffé au fond d'un tube on verse une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque, une vive réaction se manifeste et il se forme du chlorure de potassium. Le corps $AzH^4$ a donc été mis en liberté ; il se combine avec le mercure, car ce métal se change en une matière brillante ayant la consistance du beurre; mais cet amalgame se décompose presque aussitôt en mercure, qui reste, et en un mélange gazeux formé de 4 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'azote. Bien que ces faits semblent prouver son existence, l'ammonium n'a donc pas été isolé. Quoi qu'il en soit, cette hypothèse, représentant les analogies des composés ammoniacaux, est généralement admise aujourd'hui.

*Action de l'ammoniaque sur les sels.* — En général l'ammoniaque précipite les oxydes métalliques insolubles de leurs solutions salines :

$$PbO,AzO^5 + AzH^3,HO + HO = PbO,HO + AzH^3,HO,AzO^5.$$

Quelquefois l'oxyde se dissout dans le sel ammoniac pour former un sel double. Dans certains cas il se forme un composé renfermant, outre le métal, de l'azote et de l'hydrogène. Tel est le composé connu sous le nom d'ammoniure d'or obtenu en versant de l'ammoniaque dans un sel d'or. L'argent donne un composé analogue qui détone à la température ordinaire sous le moindre frottement.

Enfin l'ammoniaque joue un très-grand rôle dans les recherches de chimie organique, et c'est par centaines de mille qu'il faut compter les corps organiques formés sur le modèle de l'ammoniaque, qui se rapportent aux types $AzH^3$, $AzH^4O$, par la substitution de divers groupes à l'hydrogène.

*Analyse.* — Quand on décompose le gaz ammoniac par la chaleur ou par l'électricité, on reconnaît que ce gaz double de volume. On place donc 50 volumes de ce gaz dans un eudiomètre à mercure et l'on y fait passer une série d'étincelles électriques jusqu'à ce que le volume ait doublé. A ce moment, l'azote et l'hydrogène de l'ammoniaque sont complétement séparés. On obtient ainsi 100 volumes d'un mélange gazeux dans lequel on introduit 50 volumes d'oxygène, ce qui donne un volume total de 150. On fait passer à travers ce mélange une étincelle électrique, et le résidu gazeux est de 37,5 volumes; 112,5 volumes ont donc disparu pour former de l'eau. Par conséquent les 100 volumes d'azote et d hydrogène employés (ou les 50 volumes d'ammoniaque qui leur ont donné naissance) contenaient, en hydrogène, les 2/3 de 112,50 ou 75 volumes, et 25 volumes d'azote. On peut, du reste, le vérifier en mettant les 37,5 volumes restant en contact avec un morceau de phosphore ; il se fait une absorption de 12,5 volumes, et le résidu, qui est de 25 volumes, représente de l'azote pur. Cette composition se trouve, en outre, encore mise en évidence par la considération des densités; en effet :

| | |
|---|---|
| 1 vol. 1/2 d'hydrogène pèse..... | 0,1039 |
| 1/2 vol. d'azote pèse..... | 0,4860 |
| Dont la somme..... | 0,5899 |

se confond avec la densité de l'ammoniaque donnée par l'expérience.

Quant à l'équivalent de l'ammoniaque, on le détermine en cherchant la quantité de ce gaz qui se combine avec un équivalent d'acide chlorhydrique pour former du chlorhydrate

Digitized by Google

d'ammoniaque. On a reconnu qu'ils s'unissent à volumes égaux; comme l'équivalent de l'acide chlorhydrique est représenté par 4 volumes, l'équivalent de l'ammoniaque correspond aussi à 4 volumes. — L'ammoniaque est donc formé de 2 volumes d'azote et de 6 volumes d'hydrogène condensés en 4 volumes, et $AzH^3$ représente sa composition et ses équivalents.

L'azote et l'hydrogène ne s'unissent pas; dans les conditions ordinaires, il faut, pour que cette union ait lieu, l'intervention de certaines influences particulières. L'étincelle électrique, par exemple, par son passage à travers un mélange d'azote et d'hydrogène, détermine leur union, mais en très-petite quantité. Un des états les plus favorables à la formation de l'ammoniaque est l'état naissant; l'oxydation des métaux en fournit un exemple remarquable : quand du fer se rouille au contact de l'air humide, l'eau est décomposée, et son hydrogène mis en liberté et à l'état naissant; cet hydrogrène rencontre l'azote de l'air tenu en dissolution dans l'eau et il en résulte de l'ammoniaque. Plusieurs cristaux, le fer, le zinc, l'étain, traités par l'acide azotique, produisent également de l'ammoniaque; Sous l'influence de l'acide, l'eau est décomposée, il se dégage de l'hydrogène qui, à l'état naissant, réagit sur l'acide azotique et le transforme en ammoniaque :

$$H^8 + AzO^5 = AzH^3 + 5HO.$$

L'ammoniaque prend encore naissance quand on fait passer sur de la mousse de platine légèrement chauffée un mélange d'hydrogène et d'un composé oxygéné de l'azote :

$$AzO^2 + 5H = 2HO + AzH^3.$$

Enfin, certaines substances organiques, et surtout les matières animales, contiennent de l'azote; si ces matières sont abandonnées à la *putréfaction*, leur carbone devient acide carbonique, l'hydrogène fournit de l'eau, et l'azote donne de l'ammoniaque qui s'unit à l'acide carbonique formé pour donner naissance à du carbonate d'ammoniaque. Les matières organiques chauffées en vase clos abandonnent aussi leur azote à l'état d'ammoniaque. La fabrication du gaz d'éclairage par la calcination de la houille fournit des eaux ammoniacales d'où l'on tire aujourd'hui presque tous les sels ammoniacaux. Enfin, si l'on fait passer de l'air sur un mélange de carbonate de potasse et de charbon, ou de carbonate de baryte et de charbon, on obtient du cyanure de potassium $KC^2Az$, ou du cyanure de baryum $BaC^2Az$. Ces cyanures chauffés au rouge sombre sous l'influence d'un courant de vapeur d'eau se décomposent de la façon suivante :

$$BaC^2Az + 4HO = BaO,HO + 2CO + AzH^3.$$

*Préparation de l'ammoniaque.* — Cette préparation est fondée sur la propriété que possèdent les alcalis fixes de la déplacer de ses combinaisons salines. — On mélange dans un ballon de verre des poids égaux de sel ammoniac et de chaux vive réduite en poudre; le mélange ne doit occuper que la moitié ou les trois quarts au plus de la capacité du ballon; on achève de remplir ce dernier avec des fragments de chaux vive, on chauffe légèrement, et l'on recueille le gaz sur la cuve à mercure. La réaction s'exprime ainsi :

$$AzH^3,HCl + CaO = AzH^3 + HO + CaCl.$$

Toutefois, le chlorure de calcium formé absorbant du gaz ammoniac, on est obligé d'employer plus de chaux; la réaction est un peu plus compliquée et peut se représenter de la manière suivante :

$$AzH^3,HCl + 2CaO = AzH^3 + HO + (CaCl + CaO).$$

La solution d'ammoniaque s'obtient en recevant le gaz d'abord dans un flacon laveur contenant de l'eau de chaux, puis dans une série de flacons de Wolff remplis à moitié d'eau distillée, et entourés d'eau froide, pour éviter l'élévation de température produite par la dissolution du gaz ammoniac.

*Usages de l'ammoniaque.* — Outre son emploi comme réactif, l'ammoniaque est encore utilisée en pharmacie pour la préparation de divers produits tels que l'eau de Luce, le baume Opodeldoch, la pommade de Gondret, etc. Étendu, ce corps est un excitant; à l'état concentré, c'est un rubéfiant et même un caustique : il constitue le meilleur remède contre les piqûres d'abeilles. Il est quelquefois employé pour dissiper l'ivresse, et sert encore à ramener à la vie les personnes tombées en syncope; les vétérinaires l'emploient pour détruire le gonflement chez les animaux qui ont mangé trop d'herbes fraîches. L'ammoniaque jetée dans un espace vicié par l'acide carbonique rend à l'air sa salubrité. On s'en sert enfin dans le dégraissage et la teinture.

### Soufre.

Le soufre est un des corps les plus anciennement connus; il est, en effet, abondamment répandu dans la nature, soit à l'état natif, comme dans les terrains volcaniques, soit à l'état de combinaison, comme dans le plâtre ou sulfate de chaux, dans les sulfates de baryte ou de strontiane, etc. De plus, sa couleur jaune caractéristique, la propriété qu'il possède de s'enflammer au contact d'un corps chauffé au rouge, en dégageant une odeur particulière, suffisaient pour attirer l'attention sur lui.

*Propriétés physiques.* — A la température ordinaire, le soufre est un corps solide d'un jaune citron, insipide, inodore; mais il acquiert par le frottement une odeur caractéristique, l'odeur de l'ozone. Il est mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité. Quand on tient à la main un bâton de soufre, la partie extérieure s'échauffe et se dilate, tandis que la partie intérieure résiste à la dilatation; il en résulte une rupture partielle produisant un craquement particulier; si l'on continue à échauffer le bâton dans la main, la rupture devient bientôt complète. La densité du soufre est représentée par le nombre deux environ. Ce corps est soluble dans l'alcool, l'éther, les essences, la benzine, et surtout dans le sulfure de carbone. Son point de fusion est voisin de 110 degrés. Il est du reste difficile de le préciser.

Le soufre se présente à nous sous deux formes cristallines incompatibles. La première est l'octaèdre droit à base rhombe, dérivant du quatrième système cristallin : c'est celle qu'affecte le soufre natif; elle nous est aussi donnée par l'évaporation lente, à l'air libre, d'une dissolution de soufre dans le sulfure de carbone. La deuxième forme cristalline est caractérisée par des prismes obliques à base rhombe appartenant au troisième système cristallin. Le soufre octaédrique a pour densité 2,03; celle du soufre prismatique est 1,97. C'est là un curieux exemple de dimorphisme. Il faut donc admettre que la chaleur exerce une influence sur l'arrangement moléculaire, et que les atomes du soufre se groupent différemment à la température ordinaire et à la température de 110 degrés. L'expérience vient à l'appui de cette hypothèse : en effet, si l'on chauffe du soufre octaédrique vers 100 degrés, en le maintenant sous l'eau bouillante, il perd peu à peu sa transparence, diminue de densité, et se transforme en soufre prismatique.

Digitized by Google

Le phénomène inverse peut également s'obtenir. En effet, on abandonne du soufre prismatique à la température ordinaire, il perd sa transparence, augmente de densité et devient soufre octaédrique. Cette transformation, lente dans ces conditions, devient rapide si l'on mouille les prismes avec du sulfure de carbone; et l'on constate alors un dégagement de chaleur.

Nous avons dit plus haut que le soufre entrait en fusion vers 110 degrés; il possède alors une couleur jaune, est fluide, et, par le refroidissement, donne du soufre jaune, tel qu'il était avant la fusion. Si on le chauffe davantage, vers 140 à 150 degrés, on le voit prendre une couleur d'un jaune plus foncé; à 190 degrés, sa teinte est devenue orangée, et sa consistance visqueuse; à 200 degrés, il est entièrement brun et tellement épais qu'il coule tout au plus comme du goudron, et que souvent même le creuset peut être impunément renversé. Continuons à élever la température. A partir de 220 degrés, il reprend quelque fluidité. Si, à ce moment, on le refroidit brusquement en le coulant dans de l'eau froide, il fournit une masse légèrement transparente, pâteuse et élastique comme du caoutchouc, ce qui permet de l'étirer en longs fils. A la longue, ce soufre reprend ses propriétés ordinaires, qu'on peut du reste lui rendre immédiatement en le portant à une température de 92 degrés, comme l'a fait voir M. Regnault. Il résulte, en effet, des expériences de ce savant que le soufre mou possède une capacité calorifique plus grande que celle du soufre ordinaire, et que le soufre pâteux, chauffé à 220 degrés a emmagasiné plus de chaleur : ce qui le prouve, c'est qu'au moment de la transformation du soufre *mou* en soufre ordinaire, le thermomètre monte à 110 degrés. Enfin, vers 440 degrés le soufre entre en ébullition.

M. Charles Sainte-Claire Deville a fait connaître une modification particulière du soufre; il a reconnu que quand on essaye de dissoudre dans le sulfure de carbone du soufre qui a été chauffé à une haute température et refroidi brusquement, une grande partie de ce soufre reste insoluble et à l'état amorphe. Lorsqu'on porte ce soufre amorphe à 100 degrés, il fond et donne par refroidissement des cristaux prismatiques, en dégageant une certaine quantité de chaleur.

En résumé, le soufre présente divers états moléculaires qui se lient à des propriétés physiques différentes. Un seul de ces états est stable à la température ordinaire c'est celui de soufre octaédrique dans lequel tous les autres se changent par le dégagement d'une certaine quantité de chaleur latente.

M. Berthelot admet une corrélation entre les états allotropiques du soufre et ses fonctions chimiques. Selon lui, tous ces états peuvent être ramenés à deux variétés fondamentales, correspondant au double rôle du soufre. Si le soufre remplit dans une combinaison le rôle d'élément électro-négatif et comburant, analogue au chlore, à l'oxygène, il se manifeste sous forme de soufre cristallisé octaédrique, soluble dans le sulfure de carbone. Au contraire, s'il joue le rôle d'élément électro-positif ou combustible, analogue à l'hydrogène ou aux métaux, il se manifeste sous forme de soufre amorphe, insoluble dans les dissolvants.

*Densité de vapeur du soufre.* — Si l'on détermine la densité de la vapeur de soufre vers 500 degrés, comme l'a fait M. Dumas, c'est-à-dire à une température voisine de son point d'ébullition, on obtient le nombre 6,654. MM. H. Sainte-Claire Deville, Troost et Bineau opérèrent cette détermination à 860 degrés et obtinrent le nombre 2,22 qui est le tiers de celui obtenu par M. Dumas. Cette dernière densité est la densité vraie de la vapeur de soufre. Si l'on obtient vers 500 ou 600 degrés des nombres plus forts et variables, cela tient à un fait général découvert par M. Cahours : « Les molécules d'une vapeur ne prennent leur écartement normal qu'à une température suffisamment éloignée de leur point d'ébullition. Tant qu'on n'a pas atteint cette température, on observe des densités variables et décroissantes; à partir de cette température la densité reste constante. »

*Propriétés chimiques.* — Quant aux propriétés chimiques du soufre tout le monde les connaît; il prend feu dans l'air vers 520 degrés : il brûle alors avec une flamme bleue et le résultat de la combustion est de l'acide sulfureux. Il joue également le rôle de corps combustible vis-à-vis du chlore, du brome, de l'iode; mais il se comporte comme un agent comburant en présence des autres métalloïdes et surtout des métaux. Ce pouvoir comburant est si considérable qu'il est le trait saillant de son histoire et que le soufre présente avec l'oxygène les points de ressemblance les plus frappants : l'oxygène en s'unissant au carbone forme de l'acide carbonique $CO^2$; le soufre, par son union avec ces corps donne naissance à du sulfure de carbone $CS^2$, appelé quelquefois acide sulfocarbonique, pour indiquer sa grande analogie avec l'acide carbonique. Avec le potassium il forme un sulfure KS, et un sulfhydrate de sulfure de potassium KS,HS, correspondants à l'oxyde de potassium KO et à la potasse KO, HO. Les sulfures de fer FeS, $Fe^2S^3$, $Fe^3S^4$ sont analogues aux oxydes FeO, $Fe^2O^3$, $Fe^3O^4$. L'analogie se poursuit jusqu'en chimie organique, et pour n'en citer qu'un exemple nous dirons qu'à l'éther des pharmacies $C^4H^5O$ et à l'alcool ordinaire $C^4H^6O^2$ correspondent l'éther sulfhydrique $C^4H^5S$ et un composé nommé mercaptan, $C^4H^6S^2$. Enfin toutes les réactions du soufre sont analogues à celles de l'oxygène et son extraction de la pyrite de fer repose sur une décomposition semblable à celle du bioxyde de manganèse par la chaleur. Voici ces deux réactions :

$$3(FeS^2) = Fe^3S^4 + S^2$$
$$3(MnO^2) = Mn^3O^4 + O^2.$$

*Équivalent du soufre.*— La détermination de l'équivalent du soufre a été faite, pour la première fois, par Berzelius. Son procédé consistait à dissoudre un poids connu de plomb dans l'acide azotique: soit pour plus de simplicité 103gr,5. On ajoute à la liqueur un excès d'acide sulfurique, on chauffe au rouge naissant pour chasser l'excès d'acide, et l'on pèse le sulfate de plomb qui reste : 151gr,5 est son poids. Prenons maintenant le même poids de plomb, faisons-le bouillir avec un excès d'acide azotique et calcinons le sel formé; le résidu est de l'oxyde de plomb dont le poids est de 111gr,5. Donc ces 111gr,5 contiennent 8 grammes d'oxygène; et par suite, 151gr,5 de sulfate de plomb, contiennent 103gr,5 de plomb, 8 grammes d'oxygène, et 40 grammes d'acide sulfurique. Or, nous verrons que le sulfate de plomb a pour formule $PbO,SO^3$, c'est-à-dire qu'il contient trois fois plus d'oxygène à l'acide qu'à la base; donc les 40 d'acide contiennent $3 \times 8$ ou 24 d'oxygène, puisque la base en contient 8. — Le reste, 40 moins 24 ou 16, est donc le poids du soufre et par suite son équivalent.

Toutefois les moyens précédents n'offrant pas une assez grande exactitude, M. Dumas a repris la question en faisant usage d'un procédé d'une très-grande sensibilité. Il a cherché combien 5, 10, 20 grammes d'argent pur exigeaient de soufre

Digitized by Google

pour se convertir en sulfure AgS; le soufre qu'il employait était distillé trois fois, puis dissous et cristallisé deux fois dans le sulfure de carbone.

La moyenne des nombres obtenus par M. Dumas fut le nombre 16,0098. Le nombre 16 a donc été adopté pour l'équivalent du soufre, et l'on a pris 16 plutôt qu'un des multiples ou sous-multiples, parce que 16 est la quantité qui remplace 8 d'oxygène dans les combinaisons chimiques. Enfin l'équivalent du soufre rapporté à la densité de vapeur est, comme celui de l'oxygène, représenté par un volume. On a en effet

$$\frac{x}{1} = \frac{16}{8} \times \frac{1,105}{2,21},$$

d'où

$$x = \frac{17,680}{17,680} = 1.$$

*Etat naturel. — Extraction du soufre.* — Le soufre existe en abondance dans la nature; à l'état de liberté, on le rencontre dans les cendres qui obstruent certains cratères éteints, nommés solfatares. On en trouve des amas considérables dans le calcaire et le gypse, et c'est même là son gisement principal. La France tire le soufre de l'Étna; les volcans de l'Islande et des îles Sandwichs en contiennent aussi de grandes quantités, et si ces mines venaient à faire défaut, la France puiserait le soufre dont elle a besoin dans son propre sol : elle l'extraierait de certains sulfures naturels et en particulier du sulfure de fer ou pyrite martiale, qui sous l'action de la chaleur abandonne le tiers du soufre qu'elle renferme. Ce sulfure est déjà employé aujourd'hui, comme chacun sait, dans la majeure partie des fabriques d'acide sulfurique. Enfin, si, — chose impossible, — les sulfures devenaient insuffisants, nous aurions encore à notre disposition des bancs inépuisables de sulfates et notamment de sulfate de chaux.

Quoiqu'il en soit, de nos jours la majeure partie du soufre est tirée de la Sicile dont les minerais fort riches renferment de 30 à 50 pour 100 de soufre. C'est par distillation qu'on extrait ce corps de son minerai; deux distillations successives sont nécessaires pour le purifier complétement. La première se fait en général à la solfatare même; le minerai est introduit dans des pots de terre, chauffés deux par deux dans un fourneau nommé *fourneau de galère;* ces vases communiquent avec des vases semblables, placés extérieurement, et destinés à condenser les vapeurs de soufre. Le soufre ainsi obtenu n'est jamais pur; il contient souvent encore de 5 à 10 pour 100 de matières terreuses. La seconde distillation s'exécute avec plus de soin dans les lieux mêmes de consommation, dans un cylindre ou cornue de fonte, communiquant avec une chambre de maçonnerie où le soufre vient se condenser. Lorsque la distillation est conduite lentement, et que les parois de la chambre ne s'échauffent pas jusqu'à 110 degrés, il se condense, dans la chambre, du soufre en poudre très-fine appelée *fleur de soufre.* Si la distillation est menée rapidement le soufre entre en fusion; on le coule alors dans des moules de bois et il constitue le soufre en canons.

Les usages du soufre sont nombreux et des plus importants; aussi sa consommation s'accroît-elle chaque année en France dans une proportion très-considérable, et dont le tableau suivant peut donner une idée. Elle était :

| | | |
|---|---|---|
| En 1820, de | 7,000,000 | kilog. |
| En 1846, de | 26,000,000 | — |
| En 1852, de | 29,000,000 | — |
| En 1856, de | 34,000,000 | — |
| En 1858, de | 36,000,000 | — |

Ses principaux emplois sont : la fabrication de l'acide sulfurique, de la poudre, des allumettes, et le soufrage de la vigne. La médecine l'utilise journellement, et avec succès, pour la guérison de la gale et des maladies de la peau. Il sert aussi à sceller le fer dans la pierre : c'est là toutefois un emploi regrettable, car, sous l'influence de l'humidité, il se forme du sulfure de fer qui provoque l'oxydation de ce métal. De là une augmentation de volume qui fait éclater la pierre. Il serait bien préférable de recourir au procédé usité au moyen âge et qui consiste dans l'emploi de la litharge, corps fusible, alcalin, et n'ayant pas sur le fer l'action énergique que possède le soufre. On emploie enfin ce corps pour le moulage des médailles.

### Composés oxygénés du soufre.

Le soufre, en se combinant à l'oxygène, forme 7 combinaisons parfaitement distinctes et qui toutes jouissent de propriétés acides. Ce sont :

| | |
|---|---|
| L'acide hyposulfureux | $S^2O^2$ |
| — sulfureux | $SO^2$ |
| — hyposulfurique | $S^2O^5$ |
| — sulfurique | $SO^3$. |

Et trois autres qui ont reçu les noms suivants :

| | |
|---|---|
| Acide hyposulfurique monosulfuré | $S^3O^5$ |
| — hyposulfurique bisulfuré | $S^4O^5$ |
| — hyposulfurique trisulfuré | $S^5O^5$. |

Cette progression régulièrement croissante du soufre dans l'acide hypo-sulfurique et les trois derniers acides les a fait réunir en un groupe, qu'on a nommé la série thionique, du mot grec θεῖον, qui veut dire soufre :

| | | | |
|---|---|---|---|
| L'acide hyposulfurique | $S^2O^3$ | est l'acide | dithionique. |
| — hyposulfurique monosulfuré | $S^3O^5$ | — | trithionique. |
| — hyposulfurique bisulfuré | $S^4O^5$ | — | tétrathionique. |
| — hyposulfurique trisulfuré | $S^5O^3$ | — | pentathionique. |

Nous nous occuperons seulement des quatre premiers composés, et surtout de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique qui sont de beaucoup les plus importants.

### Acide sulfureux $SO^2$.

Cet acide est connu de tout le monde; c'est lui qui prend naissance quand une allumette brûle, quand on enflamme du soufre : aussi a-t-il été obtenu de toute antiquité. Toutefois, c'est Stahl qui le premier l'a distingué; et, en 1774, Priestley l'obtenait à l'état de pureté. Plus tard, Gay-Lussac et Berzelius étudièrent et découvrirent ses principales propriétés ainsi que sa composition.

Cet acide existe sous les trois états; il peut être gazeux, liquide ou solide. A l'état gazeux, il est incolore, et dégage une odeur forte qui provoque immédiatement la toux; il a pour densité 2,234. La liquéfaction s'opère sous la pression ordinaire à la température de — 10 degrés. Cette liquéfaction se fait, du reste, très-facilement. L'appareil employé à cet effet se compose : d'un ballon producteur du gaz sulfureux; d'un flacon contenant de l'acide sulfurique destiné à le dessécher, et à la suite duquel se trouve encore une éprouvette remplie de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique; enfin d'un tube en U plongé dans un mélange de glace pilée et de sel marin : ce tube communique par son extrémité inférieure avec un flacon plongeant lui-même dans un mélange réfrigérant.

L'acide sulfureux liquide a pour densité 1,45; il bout à — 10 degrés et se solidifie à — 75 degrés. Dans son évapora-

Digitized by Google

tion à l'air libre, il produit un froid très-intense ; il suffit, pour s'en convaincre, d'en imbiber une étoffe entourant une boule de verre pleine d'eau ; on obtient immédiatement de la glace. Quand l'évaporation se fait dans le vide, on arrive à congeler le mercure, et, dans ce cas, la température peut descendre jusqu'à — 68 degrés. Dans cette opération une partie de l'acide sulfureux se solidifie. M. Bussy a profité du froid considérable ainsi produit pour liquéfier l'ammoniaque, le chlore, le cyanogène. L'acide sulfureux liquide projeté dans une capsule de platine chauffée au rouge affecte une forme sphéroïdale, et le globule liquide, loin de disparaître, se balance mollement dans la capsule tant que la température de cette dernière est suffisamment élevée. Cette expérience constitue ce que l'on appelle la *caléfaction de l'acide sulfureux:* elle a donné lieu à des travaux intéressants, dus à M. Boutigny, et d'où il résulte que l'acide sulfureux projeté sur une plaque métallique rouge se maintient à une température inférieure à celle de son point d'ébullition, par conséquent au-dessous de — 10 degrés.

*Solubilité dans l'eau.* — Le gaz acide sulfureux est très-soluble dans l'eau qui en dissout environ 50 °/₀ de son volume à 15 degrés. Il est difficile d'obtenir une dissolution parfaitement pure de gaz, parce qu'en présence de l'eau il absorbe immédiatement l'oxygène pour se transformer en acide sulfurique. Il faut donc employer de l'eau purgée d'air par l'ébullition. Lorsqu'on n'a pas besoin d'acide sulfureux chimiquement pur, on emploie l'appareil de Wolf, et les matières mises en présence sont la braise et l'acide sulfurique :

$$C + 2(SO^3,HO) = CO^2 + 2SO^2 + 2HO.$$

*Propriétés chimiques.* — Ce gaz est impropre à la combustion : une bougie allumée s'y éteint aussitôt. Cette propriété l'a fait employer pour éteindre les feux de cheminées ; en effet, le soufre en brûlant absorbe l'oxygène de l'air, et la suie enflammée, ne rencontrant plus l'élément nécessaire à sa combustion, ne tarde pas à s'éteindre, si toutefois on a le soin d'empêcher l'accès de l'air en fermant l'ouverture de la cheminée. Ce gaz n'est pas seulement impropre à la respiration ; il exerce encore une action fâcheuse sur les voies respiratoires : tout le monde a pu l'éprouver en respirant le gaz produit par l'inflammation d'une allumette chimique.

L'oxygène pur est sans action sur l'acide sulfureux. Mais il n'en est pas de même si l'on fait passer un mélange d'oxygène et d'acide sulfureux secs sur de la mousse de platine légèrement chauffée : il se dégage à l'extrémité de l'appareil une épaisse fumée due à l'action de l'humidité de l'air sur l'acide sulfurique anhydre qui a pris naissance. Comme l'éponge de platine, l'eau et les bases jouissent de la propriété de favoriser à un haut degré l'affinité de l'oxygène pour l'acide sulfureux; aussi la conservation de l'acide sulfureux pur en dissolution n'est-elle possible que dans des vases absolument pleins d'eau bouillie. C'est ainsi que l'on explique la présence de l'acide sulfurique dans l'eau de pluie qui tombe dans les grands centres manufacturiers où la combustion de la houille, qui contient toujours des impuretés, dégage dans l'air de l'acide sulfureux. L'*hydrogène* décompose ce corps au rouge en donnant naissance à de l'eau et à du soufre :

$$SO^2 + 2H = 2HO + S.$$

Si l'hydrogène est à l'état naissant, il se forme de l'acide sulfhydrique et de l'eau; dans ce dernier cas, l'action a lieu à la température ordinaire :

$$SO^2 + 3H = 2HO + SH.$$

Le *carbone* agit de même à une température élevée ; il se combine à la fois avec l'oxygène et avec le soufre contenus dans cet acide. L'*acide azotique* réagit immédiatement sur le gaz sulfureux sec et produit des vapeurs rutilantes d'hypoazotide :

$$AzO^5,HO + SO^2 = AzO^4 + SO^3,HO.$$

Sous l'influence d'une quantité d'eau suffisante, l'acide hypoazotique est détruit et l'on obtient du bioxyde d'azote et de l'acide azotique. Ces réactions sont utilisées dans la préparation de l'acide sulfurique. L'acide sulfureux réagit sur l'acide hypoazotique et forme un composé solide, cristallisé, appelé acide *azoto-sulfurique* et qui a pour formule :

$$S^2AzO^9.$$

On peut l'obtenir en faisant réagir dans un tube de verre scellé à la lampe de l'acide hypoazotique sur de l'acide sulfureux liquide. Il se produit encore, selon Gay-Lussac, en mettant en contact de l'acide sulfurique monohydraté et de l'acide hypoazotique :

$$2AzO^4 + 2(SO^3,HO) = AzO^5,2HO + S^2AzO^9.$$

L'acide azoto-sulfurique se formant quelquefois dans l'intérieur des chambres de plomb où se fabrique l'acide sulfurique, on lui a donné le nom de cristaux des chambres de plomb. La présence de ces cristaux indique que l'eau nécessaire à la réaction est en quantité insuffisante dans l'appareil.

L'acide sulfureux peut se combiner avec les bases et former des sulfites alcalins solubles ; il existe deux séries de sels :

| | |
|---|---|
| Les sulfites neutres..... | $MO,SO^2$ |
| Les bisulfites..... | $MO,HO,2SO^2$. |

L'acide sulfureux est peu énergique, car tous ces sels bleuissent le tournesol rouge.

Une des propriétés importantes de l'acide sulfureux est celle qu'il possède de décolorer certaines substances végétales ou animales. Ainsi, des violettes soumises à son action deviennent en peu de temps complétement blanches. Toutefois, la matière colorante n'est pas détruite ; car si l'on plonge les violettes ainsi décolorées dans une dissolution alcaline, elles se colorent en vert ; cette couleur verte provient de la réaction de la liqueur alcaline sur la couleur bleue qui s'est régénérée. En décolorant ainsi la matière colorante organique, l'acide sulfureux agit de deux manières : ou bien il enlève à la matière colorante une partie de l'oxygène qu'elle contient, ou bien il forme avec elle une combinaison incolore. Ce dernier cas se présente pour la rose, car cette fleur, décolorée par l'acide sulfureux, reprend sa couleur sous l'influence de l'acide sulfurique étendu qui chasse l'acide sulfureux.

*Synthèse de l'acide sulfureux.* — Si l'on fait brûler du soufre dans un ballon renfermant un volume déterminé d'oxygène pur et reposant sur du mercure, on constate qu'après la combustion le volume gazeux est resté sensiblement le même dans le ballon ; la faible diminution qui a lieu est due à ce que le gaz sulfureux se contracte plus que l'oxygène, parce qu'il est près de son point de liquéfaction. On peut donc admettre que le volume gazeux est resté le même ; si l'on retranche de la densité de l'acide sulfureux la densité de l'oxygène, la différence est le poids du soufre contenu dans un volume d'acide sulfureux :

| | |
|---|---|
| Densité de l'acide sulfureux..... | 2,234 |
| — de l'oxygène..... | 1,106 |
| Soufre..... | 1,128 |

Digitized by Google

ce nombre 1,128 est sensiblement la moitié de 2,22, nombre qui représente la densité du soufre. Donc : 1 volume d'acide sulfureux contient 1 volume d'oxygène et un demi volume de soufre, et comme les équivalents en vapeur du soufre et de l'oxygène sont égaux à 1, les quantités en poids de soufre et d'oxygène qui entrent dans l'acide sulfureux sont entre elles comme 8 (poids d'un demi-équivalent de soufre) et 8 (poids d'un équivalent d'oxygène). Si l'on rapporte la composition de l'acide sulfureux à l'équivalent du soufre 16, nous voyons :

1° Que sa formule est $SO^2$, puisqu'il est formé :

| | |
|---|---|
| D'un équivalent de soufre..... | 16 |
| Et de deux équivalents d'oxygène. . | 16 |
| | 32 |

2° Que cette formule correspond à 2 volumes de vapeur, puisque 2 équivalents d'oxygène représentent 2 volumes de ce gaz, et que l'acide sufureux contient 1 volume d'oxygène égal au sien.

3° Que ces 2 volumes sont formés par la combinaison de 2 volumes d'oxygène et de 1 volume de soufre condensés en 2 volumes.

*Préparation.* — L'acide sulfureux se produit toutes les fois que l'on fait brûler du soufre dans l'air ; mais on comprend que ce procédé ne donne jamais ce gaz à l'état de pureté ; il est toujours mélangé avec de l'oxygène et avec de l'azote. On le prépare en général en désoxydant partiellement l'acide sulfurique ; les agents employés à cet effet sont le cuivre, le mercure, le charbon. L'opération est conduite dans un ballon de verre, et la réaction est exprimée par l'équation suivante :

$$Hg + 2(SO^3,HO) = HgO,SO^3 + 2HO + SO^2.$$

L'attaque de l'acide sulfurique par la tournure de cuivre est moins régulière ; au commencement, la réaction est tellement vive que la matière se boursoufle et déborderait si l'on ne retirait le feu immédiatement. Avec le charbon on obtient de l'acide sulfureux toujours mélangé d'acide carbonique et d'un peu d'oxyde de carbone.

*Usages de l'acide sulfureux.* — L'acide sulfureux est employé pour le blanchiment des tissus animaux, des étoffes de laine et de soie dont la décoloration ne peut pas être opérée par le chlore qui les détruirait. On peut également enlever les taches de fruit et de vin sur les vêtements en plaçant l'endroit taché au-dessus du soufre enflammé : la tache doit être légèrement imbibé d'eau. On utilise ce corps pour mêler les sirops, et l'on empêche les vins de tourner au vinaigre en brûlant une mèche soufrée dans les tonneaux. Enfin, on l'emploie en médecine dans le traitement des maladies de la peau, des dartres, de la gale.

E. ANTELME, préparateur de chimie à l'école Polytechnique.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

COURS DE M. VULPIAN (1).

### XXXV.

**Physiologie du système nerveux des Batraciens et des Reptiles.**

Pendant longtemps, on a réuni dans une seule classe les Batraciens et les Reptiles. Surtout depuis les recherches de M. de Blainville, on a fait une classe spéciale des Batraciens, à cause de leurs métamorphoses. Il reste à décider si cette séparation restera dans la science. C'est, il est vrai, un caractère important ; mais il ne devrait pas suffire pour limiter ainsi une classe ; nous trouvons, en effet, des métamorphoses chez des Poissons que l'on n'a pas songé à séparer des autres. Du reste, le temps nous presse, et nous confondrons dans une même étude les Batraciens et les Reptiles.

Nous avons à décrire un système central composé d'un encéphale et d'une moelle, ou myélencéphale, et un système sympathique.

La moelle épinière est semblable à celle des autres Vertébrés, mais elle varie comme dimensions : la moelle des Batraciens anoures (grenouille, crapaud, etc.) est beaucoup plus courte et d'un diamètre plus considérable que la moelle des Batraciens urodèles (Salamandres, Tritons) ou celle des Reptiles ordinaires.

On remarque, en outre, chez les Ophidiens, des renflements à l'origine des nerfs. La moelle se continue, chez eux jusque dans la queue, et elle est d'autant plus grêle qu'elle est plus longue. La moelle allongée n'offre rien de particulier à signaler ; elle présente une direction à peu près rectiligne chez les Batraciens et assez fortement courbée chez les Reptiles, surtout chez les Chéloniens et les Sauriens. Les bords du quatrième ventricule sont, chez les Chéloniens et les Crocodiliens, surmontés de saillies analogues aux lames latérales ou aux lobes postérieurs qui bordent le quatrième ventricule chez les Poissons. Chez les Reptiles, les saillies formées de substance grise seraient, paraît-il, surtout en rapport avec les nerfs auditifs et représenteraient ainsi les tubercules de Wenzel que l'on rencontre chez les Rongeurs.

Le cervelet est réduit à ses dimensions les plus petites chez les Batraciens anoures, où il n'est guère plus développé que chez la Lamproie : c'est une simple lamelle transversale. Il est beaucoup moins réduit chez les vrais Reptiles. Encore très-petit, cependant, chez les Ophidiens, il devient assez volumineux chez les Sauriens et surtout les Chéloniens. Chez ceux-ci, il a une forme

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la 1re année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18, 25, 27, 29, 33, 36, 37 et 40 de la 2e.

Digitized by Google

franchement mamelonnée, mais il conserve encore la disposition d'une lame plus ou moins épaisse ; son apparence est toutefois plus globuleuse que chez la plupart des Poissons osseux. Chez le Caïman à museau de brochet, le cervelet offre des sillons transversaux assez rapprochés l'un de l'autre, indice d'une lamellation commençante, analogue à celle qui se voit chez le Maquereau.

Au devant du cervelet, je vous montre les lobes optiques ou tubercules bijumeaux qui sont en contact sur la ligne médiane. Ils sont creusés l'un et l'autre d'une cavité; mais en général il n'y a rien dans cette cavité. Chez les Crocodiliens et entre autres chez le Caïman, on remarque quelques saillies qui sont plus ou moins distinctes et analogues aux parties, que j'ai décrites chez les Poissons. Chez le Caïman, les tubercules bijumeaux sont plus petits que les hémisphères cérébraux. Cependant, chez les Batraciens, le volume de ces deux parties du système nerveux central est à peu près égal. Les lobes optiques sont réunis par une commissure, comme chez les Poissons; et, entre les hémisphères cérébraux et les lobes optiques, on voit la grande pinéale qui, chez quelques Chéloniens, la *Chelonia virgata* par exemple, offre un volume assez considérable. Les auteurs qui plaçaient dans la grande pinéale le siége de l'âme, devaient supposer une puissance assez grande à l'âme de ces animaux. On voit aussi, en avant des lobes optiques, des couches optiques assez rudimentaires.

Nous arrivons, en avant des lobes optiques, aux hémisphères cérébraux. Ils présentent des formes et des dimensions variables : tantôt larges comme chez les Reptiles, tantôt allongés comme chez les Batraciens, et réunis toujours par une commissure antérieure. On trouve dans les hémisphères cérébraux des ventricules latéraux qui contiennent des renflements de couleur grise, quelquefois énormes, que l'on a voulu comparer aux corps striés des Oiseaux. Ces renflements se voient bien chez les Lézards, les Chéloniens et les Ophidiens, et présentent bien plutôt alors l'aspect de circonvolutions rentrées. Je crois, en effet, que ce sont des saillies intérieures analogues à la corne d'Ammon chez les Mammifères. Chez les Reptiles, d'après Stannius, il y aurait en dehors de ces renflements une autre saillie dans chaque ventricule, une sorte de ganglion surajouté. J'ai cherché en vain cette disposition chez les Lézards et chez les Tortues grecques.

Enfin, la partie la plus antérieure de l'encéphale est constituée par les lobules olfactifs. Chez les Batraciens, les Chéloniens et les Crocodiliens, ces lobules sont très-rapprochés des hémisphères. Dans d'autres cas, chez les Lézards, par exemple, ces lobules sont portés, comme chez les Poissons, par un pédicule plus ou moins long, comme on l'observe chez les Cyprins et les Gadoïdes.

Si nous renversons l'encéphale, nous observons à la face inférieure le corps pituitaire et sa tige qui communique avec l'infundibulum, lequel vient s'ouvrir entre les couches optiques dans le troisième ventricule. En avant, vous pouvez apercevoir l'entrecroisement des nerfs optiques qui est un véritable chiasma, comme chez les Vertébrés supérieurs ; mais vous pouvez aussi noter l'absence de tubercules mamillaires.

Telle est la description rapide du système nerveux central, description que les notions déjà acquises pendant ce cours m'ont permis de tracer à grands traits. Mais je dois encore vous dire quelques mots d'une partie des centres nerveux, car tout le système central ne se borne pas au myélencéphale; il y a encore un système nerveux de la vie organique, celui du grand sympathique constitué par des nerfs et des ganglions en communication avec le myélencéphale. Bien des auteurs ont dirigé leurs études sur ce point : Bojanus, Swan, Müller, Vogt et d'autres anatomistes ont décrit ce département des centres nerveux, qui est du reste d'une grande simplicité. On n'y retrouve pas, en effet, les complications que l'on signale chez les Vertébrés supérieurs, et cependant ne prenez pas le mot simplicité dans toute sa rigueur ; je dois, en effet, vous signaler une disposition spéciale à la classe qui nous occupe, disposition qu'on rencontre chez les Sauriens et en particulier chez les Crocodiliens. Les ganglions latéraux, au niveau de la queue, entrent en coalescence au point de devenir impairs et médians.

*Physiologie.* — Après ces quelques notions anatomiques, j'arrive à la partie physiologique qui doit faire le sujet de cette leçon, et je veux commencer par vous parler du système du grand sympathique. Vous vous souvenez que j'ai dit que le système du grand sympathique servait surtout aux mouvements réflexes qui ont pour agents les muscles de la vie organique. Cette influence se trahit surtout sur la tunique musculaire de l'intestin et sur les fibres qui entrent dans la structure des vaisseaux. Cependant l'action du grand sympathique se fait aussi sentir sur des organes que l'histologie refuse de ranger parmi les muscles de la vie organique, parce qu'ils semblent dépourvus de fibres lisses; mais que leurs fonctions semblent rapprocher de ces muscles. Du reste, M. Guillemin divise les fibres de l'iris au point de vue de la fonction, sans tenir compte des caractères histologiques : il assimile les fibres circulaires aux fibres musculaires de la vie animale et les fibres rayonnées aux fibres de la vie organique. Je ne veux pas entrer dans le débat, étranger à notre sujet, de savoir si les fibres de l'Iris sont musculeuses, comme l'ont avancé Dulincourt, Ruysch et Winslow; ou si l'on doit, avec Zinn et Morgagni, leur refuser cette structure musculeuse; mais il est hors de doute que le grand sympathique a une grande influence sur les changements de diamètre de la pupille. Depuis 1727, le fait avait été indiqué par Pourfour du Petit; cet observateur, en coupant le grand sympathique dans sa portion cervicale, avait

Digitized by Google

constaté la paralysie des fibres radiées et le resserrement de la pupille. M. Biffi de Milan (1846) et plus tard (1851), MM. Budge et Waller poursuivirent les recherches sur ce point, enfin les travaux de M. Cl. Bernard (1853) ont levé les doutes sur ce point, s'il pouvait en exister encore, et l'on doit admettre comme certaine l'action du grand sympathique sur l'iris.

Du reste, cette action du grand sympathique, comme celle qui s'exerce en général sur tous les phénomènes physiologiques, doit s'étudier à deux points de vue, ainsi que l'ont fait certains auteurs : cette action est tantôt excitatrice et tantôt suspensive. Cette dernière manifestation est des plus évidentes et personne ne doute que l'excitation portée sur certains nerfs ne puisse arrêter des mouvements qui s'effectuent. Si, en effet, au moment où l'intestin exécute son mouvement musculaire, on excite par le galvanisme le nerf grand splanchnique, on voit le mouvement s'arrêter immédiatement. Je vous ai déjà rendus témoins de l'arrêt du cœur consécutif à l'excitation des nerfs pneumogastriques : je répète cette expérience dont la vue ne saurait laisser le moindre doute dans vos esprits. Je passe donc sur ce point, afin d'employer tout le temps dont je puis disposer à discuter l'action excitatrice du système grand sympathique.

Je ne reviens pas sur des questions de physiologie générale dont j'ai établi l'évidence au début de ces leçons. Vous le savez, la section des nerfs, qui se rendent à un membre, paralyse les fibres musculaires, auxquels ce cordon nerveux se distribue, et l'excitation du bout périphérique de cette section détermine des mouvements dans les muscles. L'action excitatrice du grand sympathique est tout aussi incontestable. Si l'on coupe un filet du grand sympathique, les fibres musculaires de la vie organique, auxquelles se rendait ce filet, sont paralysées, et si l'on porte l'excitation galvanique sur le bout périphérique, on fait contracter ces mêmes muscles ou ces fibres musculaires. Je ne veux vous donner que deux exemples de cette action et d'abord vous parler de nouveau de l'iris. M. Ruete (de Vienne), s'appuyant sur les faits observés dans la paralysie de la troisième paire des nerf crâniens, les nerfs moteurs oculaires communs, et sur les phénomènes que présente l'emploi de la belladone, admet que les fibres circulaires de l'iris sont animées par le nerf moteur oculaire commun et que les fibres radiées sont animées par le nerf grand sympathique. Je vous rappelle que la dilatation de la pupille est due à la contraction de ces fibres radiées, et que le resserrement est dû à la contraction des fibres rayonnées. Or, si l'on coupe le grand sympathique, comme le fit Pourfour du Petit, on paralyse les fibres radiées; le nerf moteur oculaire commun, son antagoniste, agit seul sur les fibres circulaires, et l'on observe un resserrement de la pupille. J'arrache sur cette grenouille le ganglion cervical, et vous êtes témoin d'une diminution du diamètre de la pupille qui se manifeste presque immédiatement. Le fait se produit aussi bien sur la Grenouille que sur un Mammifère : voici un Lapin sur lequel on a pratiqué la même opération, et vous pouvez juger de la similitude de ces deux résultats. Or, cet effet est bien dû à une paralysie des fibres radiées et non pas, comme le voulait Haller, à une dilatation vasculaire. On ne saurait attribuer la contraction de la pupille à une propriété érectile de l'iris. Bien des auteurs se sont appliqués à détruire cette erreur : Bérard, M. Waller et enfin M. Cl. Bernard ont établi d'une façon irréfutable que ce n'est pas dans ce sens qu'il faut chercher l'explication de ce phénomène, comme l'avaient tenté également Prochaska et M. Rouget. Ce phénomène, en effet, se produit brusquement avec des variations très-fréquentes, tantôt brusquement, tantôt graduellement, tandis que la turgescence vasculaire amènerait une constriction invariable dans sa marche et dans son étendue. On peut de plus faire des expériences directes sur des yeux d'albinos, qui sont dépourvus de pigment, et alors on acquiert la certitude que ce mouvement de l'iris n'a rien de passif, qu'il est bien dû à l'action nerveuse; la différence que l'on observe dans la vascularisation de l'œil est tout à fait insuffisante pour expliquer les effets que l'on constate.

MM. Biffi et Waller ont galvanisé le bout périphérique du grand sympathique; dans ce cas, la pupille se dilate considérablement. L'iris même semble disparaître et n'apparaît plus que comme un ruban étroit qui semble fortement tendu sur les bords de la sclérotique.

Tel est le premier point de l'histoire du grand sympathique. Si les recherches ont été faites le plus souvent sur des Mammifères, je dois ajouter que l'on obtient les mêmes effets sur la Grenouille, soit que l'on emploie la galvanisation, soit que l'on pratique l'arrachement du ganglion cervical. Je viens de vous dire qu'en expérimentant sur le grand sympathique, on agissait sur les vaisseaux. La découverte de ce fait est due à M. Cl. Bernard, et les notions sur ce point ont été complétées par MM. Brown Séquard, Waller et Schiff. Chacun des anneaux des vaisseaux semble être animé par ces rameaux qui ont reçu le nom de vaso-moteurs. Si l'on coupe un filet du grand sympathique, les vaisseaux sont paralysés, et ils se dilatent; si au contraire on galvanise ce nerf, les vaisseaux se contractent. Vous pouvez voir très-manifestement cet effet sur la langue de cette Grenouille, je viens d'arracher le ganglion du côté droit, et vous voyez que la langue est beaucoup plus rouge de ce côté que du côté sain. Chez les Batraciens, nous ne pouvons obtenir que cette manifestation, tandis que, sur les Mammifères, nous obtenons des effets de calorification qui sont bien remarquables. Vous pouvez par le toucher constater dans l'oreille de ce Lapin une élévation de température appréciable en la comparant à l'oreille du côté opposé, dont les rameaux nerveux sont intacts, en même temps que la vascularisation apparaît bien manifeste par transparence. — E. Brémond.

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 42. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 16 SEPTEMBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1 ) | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Des ravages produits par la Noctuelle des moissons dans les cultures du nord de la France**, par **M. E. Blanchard**.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : Chaleur de formation des composés organiques ternaires et quaternaires.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : Migrations par mer; physique générale du globe.

Paris, 15 septembre 1865.

**Des ravages occasionnés aux betteraves par la Noctuelle des moissons (*Noctua segetum*) dans le nord de la France et en particulier dans l'arrondissement de Valenciennes.**

Chaque année des plaintes s'élèvent à l'occasion des ravages causés à quelques-unes de nos grandes cultures, par certains insectes qui se sont multipliés d'une manière prodigieuse. Cette multiplication devient un sujet d'étonnement et de douleur pour les agriculteurs, parfois cruellement lésés dans leurs intérêts, mais en général les agriculteurs se contentent de déplorer la perte d'une partie de leurs récoltes, de gémir sur le fléau qui les a frappés, comme ils gémissent sur les dégâts causés par la grêle, par des pluies trop abondantes, par une sécheresse continue. Après avoir gémi, ils se résignent, sans songer même à la possibilité d'empêcher le retour du mal.

A côté de cette morne résignation, on voit naître chez une infinité de cultivateurs des espérances des plus chimériques.

Est-ce à la sécheresse prolongée qu'on attribue le mal; le mal, pense-t-on, disparaîtra si la pluie survient. Le temps a-t-il été pluvieux pendant les jours où les dégâts les plus considérables ont été commis, on attend tout du changement des conditions atmosphériques. Il est pourtant facile de s'assurer que les insectes subissent les intempéries des saisons sans grand dommage; il est plus facile de constater encore avec quel merveilleux instincts ils savent se mettre à l'abri du soleil, des pluies trop abondantes, rencontrer dans les temps de sécheresse les endroits où quelque humidité a persisté. Dans les campagnes, on va jusqu'à attribuer à la direction du vent l'abondance des chenilles ou des pucerons. Parfois les agriculteurs sont confirmés dans leur erreur par certaines coïncidences. Si la multiplication d'une espèce nuisible a diminué dans quelques localités, les agriculteurs se méprenant sur la cause, se persuadent, quand reparaissent les circonstances fâcheuses, qu'il faut subir le fléau et attendre avec patience sa disparition.

Lorsque les pertes subies deviennent immenses, lorsqu'on songe à appeler la science à son secours, en général, que demande-t-on ? un *moyen* de destruction des espèces nuisibles; un moyen, c'est-à-dire un agent capable de faire disparaître sans peine, ou au moins sans grand effort, les insectes dévastateurs. Rien de semblable n'est au pouvoir de l'homme. Des erreurs déplorables sont ainsi répandues; des idées absolument fausses sont profondément enracinées chez un grand nombre de ceux qui se livrent à la culture du sol. Le jour où elles auront en grande partie disparu pour faire place à une connaissance exacte des faits les plus essentiels, connaissance facile à acquérir, on sera bien prêt d'être en situation de conjurer le mal.

C'est un spectacle qui étonne tout le monde en général



Digitized by Google

que celui de ces dévastations exercées sur d'immenses étendues par une chétive espèce d'insecte. C'est l'apparition d'un fléau qui semble en dehors de toutes les lois ordinaires de la nature. Il y a là, en réalité, un fait dont on ne saurait trouver d'exemple dans aucun pays où la végétation est abandonnée à elle-même; mais par la culture, toutes les conditions ordinaires ne sont-elles pas changées? N'est-il pas fort rare, à l'état de véritable nature, de voir une seule espèce végétale occuper d'immenses superficies; des végétaux de diverses espèces ne sont-ils pas presque toujours entremêlés? Dans ce cas, qu'arrive-t-il pour l'insecte en quête de la plante propre à nourrir ses larves? Il a trouvé la plante qui lui convient, et sa ponte est déposée sur cette plante, les larves naissant de cette ponte sont nombreuses, et si la plante ne porte pas assez de feuilles pour les nourrir toutes, beaucoup d'entre elles périssent faute d'aliment; sans doute elles vont errer en quête d'un autre pied de la même espèce végétale, mais la plupart ne réussiront pas à le rencontrer, perdues parfois au milieu de végétaux dont elles ne sauraient faire leur subsistance. Si l'insecte adulte doit déposer ses œufs successivement, par petites quantités, sur plusieurs pieds de la même plante, il lui arrive de n'en pas trouver toujours en quantité suffisante dans un espace restreint; alors les œufs, en partie tombés au hasard, se trouvent perdus; les jeunes chenilles qui en sortiront ne trouvant pas auprès d'elles la nourriture qui leur convient, sont condamnées à mourir à peine nées. Ce n'est pas tout encore; les chenilles, comme les autres larves qui doivent s'enfoncer en terre pour y subir leur transformation en chrysalide ou en nymphe, trouvent souvent un sol trop dur dans les terrains qui n'ont jamais été remués par la main des hommes; c'est un nouveau danger pour bon nombre d'insectes. Ce sont là bien des causes qui, au sein de la nature sauvage, empêchent le développement excessif des insectes phytophages.

Que l'on compare maintenant à ces conditions de la nature laissée à elle-même les conditions artificielles créées par l'agriculture. Des espaces immenses sont couverts par une seule plante. Comment l'insecte qui recherche cette plante pour y effectuer sa ponte pourrait-il manquer de déposer *tous ses œufs* dans la meilleure situation possible; les chenilles, ou les autres larves, éclosent; partout la nourriture qui leur convient est à leur portée; il est impossible qu'elles périssent faute d'aliment. Se tiennent-elles dans la terre, ou doivent-elles s'y enfoncer seulement à l'époque de leur métamorphose; quelles difficultés peuvent-elles rencontrer alors; le terrain est meuble, il semble avoir été préparé pour rendre à ces insectes la vie facile et ainsi à l'abri des dangers. En un mot, c'est l'agriculture qui amène la multiplication prodigieuse d'une foule d'espèces. C'est l'agriculture qui *fait* les espèces nuisibles.

Dans cette situation créée par l'industrie humaine, il faut que l'industrie soit complétement éclairée. Les agriculteurs doivent toujours se préoccuper de la présence des insectes qui vivent aux dépens de leurs cultures, même dans les circonstances où ces insectes ne sont pas encore répandus en assez grande abondance pour exercer des ravages considérables; ils doivent s'en préoccuper sérieusement, car le nombre des hôtes malfaisants, dont la fécondité est grande, aura en général beaucoup augmenté les années suivantes. Les agriculteurs, pour leur plus grande prospérité, doivent donc acquérir les notions les plus essentielles sur les insectes capables de nuire à leurs cultures, et apprendre dans quelles conditions et à l'aide de quels soins ils pourront détruire les espèces nuisibles. Il arrive que des insectes destructeurs de divers végétaux, après s'être montrés en quantité immense pendant une suite d'années, diminuent d'une manière étonnante dans les années suivantes; c'est même ce qui a lieu le plus ordinairement. La cause mérite d'être connue de tous ceux qui se livrent à la culture du sol. Cette cause est une magnifique loi de la nature pour empêcher la multiplication indéfinie de certaines espèces au préjudice des autres comme au préjudice de la végétation. Tous les insectes phytophages sont exposés à être dévorés par d'autres insectes que l'on nomme des parasites. Ce sont les Ichneumons et les Chalcides, Hyménoptères désignés vulgairement sous le nom de *mouches à quatre ailes*. Les femelles des Ichneumons et des Chalcides sont pourvues d'une tarière qui leur permet de percer la peau des chenilles comme le ferait la pointe d'une aiguille. En même temps que la piqûre est faite, un œuf est introduit; plusieurs œufs, si le parasite est de petite taille. Les larves de l'Ichneumon naissent ainsi dans le corps d'une chenille, vivant d'abord aux dépens de son tissu graisseux, de manière à n'intéresser aucun de ses organes importants et à la laisser vivre. Seulement, lorsque les larves de l'Ichneumon approchent du terme de leur croissance, elles attaquent même les organes essentiels, et la chenille périt; en général, cependant, la chenille n'est pas tellement atteinte encore qu'elle ne se transforme en chrysalide. Mais de cette chrysalide rongée à l'intérieur, ce n'est plus un papillon qui naîtra, c'est l'Ichneumon ou plusieurs petits Chalcides venus au secours de l'agriculteur.

Dans les circonstances normales, ces parasites, qui s'attachent presque toujours à une espèce d'insecte déterminée, sont dans des proportions assez restreintes pour ne pas amener la destruction de l'espèce exposée à servir de pâture à leurs larves. Si les individus de cette espèce sont isolés, il sera bien difficile à l'Ichneumon femelle de les rencontrer, et surtout de les rencontrer en assez grand nombre pour effectuer le dépôt de tous ses œufs; au contraire, si les chenilles sont partout à sa portée, elle ne laissera guère perdre de ses œufs. La multiplication du parasite deviendra énorme dans l'espace de deux ou trois années; les chenilles auront alors bien diminué. Mais voilà les parasites, à leur tour, devenus trop nombreux; ils ne trouveront plus

Digitized by Google

assez de chenilles pour déposer leurs œufs ; ils meurent en foule, sans avoir pu assurer le sort de leur postérité. Quelques chenilles ont échappé ; leurs transformations vont s'effectuer régulièrement ; les papillons éclosent au printemps suivant ; leurs pontes ont lieu comme à l'ordinaire ; les nouvelles chenilles naissent, peu exposées à être détruites par les parasites ; les Ichneumons et les Chalcides sont devenus rares ; une année encore et les chenilles dévastatrices qui un instant semblaient avoir disparu, se montrent de nouveau dans des proportions inquiétantes. Le fléau, presque oublié, reparaît jusqu'à ce que la même cause amène une nouvelle disparition momentanée. C'est ainsi qu'ont lieu ces alternances si souvent remarquées sans être comprises dans les apparitions des insectes les plus redoutables pour nos cultures.

Les agriculteurs peuvent donc compter sur un secours naturel ; mais ce secours peut se faire attendre parfois bien des années, et alors que de dégâts occasionnés, que de pertes subies si l'on attend tout de la Providence qui envoie les Ichneumons.

Dans le nord de la France, où la culture de la betterave a acquis une prodigieuse importance, cette culture se trouve depuis plusieurs années exposée aux ravages d'une chenille. Cette année, la chenille dévastatrice s'est montrée en si prodigieuse abondance, que ses dégâts ont été exercés dans des proportions effrayantes, l'agriculture du Nord a été gravement atteinte, l'industrie qui amène une partie de la richesse du pays s'est vue menacée. Des personnes éclairées de l'arrondissement de Valenciennes, agriculteurs et industriels, ont compris qu'il y avait une question à étudier.

C'est alors que Son Exc. M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, instruit de la gravité de la situation, m'a chargé d'aller poursuivre les recherches nécessaires pour être en mesure d'empêcher le retour d'un pareil fléau.

Les naturalistes sachant le mieux jusqu'à quel point peuvent se multiplier certaines espèces qui trouvent partout autour d'elles une nourriture abondante et les conditions les plus favorables à leur développement, auraient été encore fort surpris en voyant, au mois de juillet de cette année, l'abondance des chenilles de la Noctuelle des moissons (*Noctua segetum*) dans presque tous les champs de betteraves de l'arrondissement de Valenciennes, et nous savons que cette abondance était à peu près la même dans les arrondissements de Cambrai, de Douai et ailleurs encore. Au collet de chaque betterave, sans aucune exception, on était assuré de trouver une quantité considérable de chenilles : en grattant un peu la terre entre les lignes de betteraves on en mettait à découvert sur tous les points. En certains endroits, il a été possible d'en recueillir plus d'une centaine dans l'espace d'un centimètre carré, et c'est dans une semblable proportion que ces chenilles se trouvaient répandues sur la superficie entière du plus grand nombre des champs.

Mais dans les environs de Denain, le désastre était poussé à la dernière limite possible. Là, un des grands propriétaire de la localité, M. Crépin-Deslinsel, nous a fait parcourir des étendues considérables de terrain, où, absolument toutes les betteraves avaient été détruites. Il était nécessaire d'observer avec attention pour reconnaître à la présence de quelques détritus, que la plantation des betteraves avait été effectuée partout de la manière la plus régulière et la plus complète.

C'était un spectacle affligeant que celui de ces champs dévastés. A leur aspect, il devenait facile de se douter des pertes énormes que subiraient plusieurs grands propriétaires, de la situation douloureuse dans laquelle pourraient se trouver les petits cultivateurs, et enfin de la diminution de la quantité de matière première qui serait livrée aux fabriques de sucre, comme de l'amoindrissement des substances alimentaires destinées aux bestiaux.

Sur le territoire de Blanc-Misseron, où l'on cultive principalement la chicorée, j'ai vu plusieurs pièces de terre en grande partie dépouillées de leur végétation. Les chicorées avaient été ravagées au collet exactement comme l'étaient ailleurs les betteraves.

La Noctuelle des moissons (*Noctua segetum*) (1) adulte est un papillon d'un brun rougeâtre, dont les ailes présentent une envergure d'environ 4 centimètres. Les ailes supérieures, dont la teinte générale brune ou fauve, un peu variable suivant les individus, ont à leur base une double ligne ondulée, suivie d'une tache brune ; au centre, deux autres taches, l'une ronde bordée de noire, l'autre réniforme au-dessous des lignes ondulées, et enfin, au bord, une série de taches noires en forme de lunules. Les ailes postérieures sont d'un blanc opalin.

Cette espèce paraît à l'état de chenille dans la première quinzaine du mois de juin, ce qui a été constaté de nouveau cette année par plusieurs des agriculteurs de l'arrondissement de Valenciennes, mais il faut toujours remarquer que cette apparition qui s'effectue pendant la durée de deux ou trois semaines, doit être un peu avancée ou un peu retardée suivant que la température printanière a été plus ou moins élevée.

Cette chenille, connue dans beaucoup de localités

(1) Lorsque je vis les premières chenilles, j'avais d'abord été persuadé qu'elles étaient de l'espèce appelée *Noctua segetum* ; cependant divers entomologistes les ayant examinées pensèrent qu'elles appartenaient à l'espèce voisine connue sous le nom de *Noctua exclamationis*. Aujourd'hui que nous avons vu l'éclosion de nombreux papillons, toute incertitude possible a disparu. Les différences qui existent entre les *Noctua segetum* et *exclamationis* à l'état de papillons sautent aux yeux et aucune confusion n'est possible. A l'état de chenilles, au contraire, ces deux espèces qui vivent dans les mêmes conditions et souvent réunies se ressemblent à tel point que les personnes les plus exercées peuvent s'y méprendre. Ces deux espèces sont classées par plusieurs entomologistes dans un genre particulier portant le nom d'*Agrotis ;* c'est un démembrement du grand genre Noctuelle (*Noctua*).

Digitized by Google

sous le nom de *ver gris*, acquiert toute sa croissance dans l'espace de cinq à six semaines. Parvenue à sa plus grande dimension, elle a alors environ 4 centimètres à 4 centimètres et demi de longueur. Tout son corps lisse, luisant, et d'un gris verdâtre assez sombre, porte sur chaque anneau deux rangées transversales de points verruqueux d'un noir brillant, surmontés d'un poil; sa tête est noire avec quelques impressions sur le sommet et les parties de la bouche d'une teinte brunâtre.

Les chenilles de la Noctuelle des moissons demeurent presque constamment cachées en terre, autour du collet de la racine qu'elles rongent; elles voyagent même beaucoup, pour se porter d'une plante à une autre sans se montrer à la surface, surtout pendant le jour; en général, c'est seulement après le coucher du soleil que ces chenilles sortent de leur retraite et grimpent sur les feuilles, auxquelles elles ne font pas d'ordinaire de graves atteintes. Ces habitudes expliquent comment plusieurs agriculteurs avaient pu demeurer dans la confiance que leurs champs de betteraves étaient dans d'excellentes conditions, lorsqu'ils étaient au contraire dans une situation extrêmement fâcheuse. Si les betteraves étaient déjà volumineuses, malgré l'altération profonde des racines, le feuillage restait néanmoins d'une fort belle apparence. Des betteraves dont la partie supérieure était fort endommagée avaient poussé une multitude de radicelles, une sorte de chevelu, qui permettait à la plante de puiser les sucs destinés à la nourrir.

Dans le courant du mois de juillet les chenilles de la Noctuelle des moissons, arrivées au terme de leur accroissement, s'enfoncent dans la terre à une profondeur de quelques centimètres, se creusent une loge de forme ovalaire dont elles enduisent les parois avec une sécrétion analogue à la matière soyeuse, et propre à retenir les particules terreuses. Elles ne tardent pas à se transformer en chrysalides. Dans le mois d'août on a vu éclore des papillons en assez grand nombre. Mais l'éclosion n'a certainement pas été générale, ainsi que j'ai pu m'en convaincre; car, à Paris, sur une assez grande quantité de chrysalides provenant de chenilles que j'ai rapportées de Valenciennes, je n'ai obtenu au mois d'août qu'un nombre de papillons relativement assez restreint; les éclosions se sont arrêtées; les autres n'auront lieu qu'au printemps de l'année prochaine. Il est donc probable que, dans les étés dont la température n'est pas très-chaude, on ne voit paraître aucun papillon pendant le mois d'août; ce qui explique comment des entomologistes citent la *Noctua segetum* comme n'ayant qu'une génération par an, et comment d'autres affirment qu'elle en a deux.

M. Mariage, maire de Thiant, qui s'est occupé avec un grand zèle et une grande intelligence de la question relative à l'insecte destructeur des betteraves, a fait une observation intéressante au moment des éclosions du mois d'août dernier. Parmi les chrysalides dont il a vu sortir un insecte adulte, il a compté qu'un cinquième d'entre elles lui avait donné un Ichneumon, l'Ichneumon de Panzer (*Ichneumon Panzeri*, — sous-genre *Amblyteles* de Gravenhorst), dont tout le corps est noir, avec les deux premiers anneaux à la suite du pédicule de l'abdomen d'un rouge ferrugineux. Ainsi, dans le cas où la proportion serait à peu près la même pour toutes les chrysalides, les quatre cinquièmes encore donneraient des papillons dont la fécondité est connue, c'est-à-dire qu'en l'absence d'efforts combinés on verrait encore, malgré l'Ichneumon, la dévastation se renouveler l'année prochaine sur une très-grande échelle.

La *Noctua segetum* vit à l'état de chenille sur des plantes fort diverses; le fait est depuis longtemps bien connu des entomologistes; c'est un motif pour ne pas attendre ici l'heureux résultat que l'on obtient pour d'autres espèces nuisibles de l'alternance des cultures. Cependant si la *Noctua segetum* est préjudiciable à plusieurs sortes de cultures, elle ne les attaque pas toutes indifféremment.

J'ai dû ainsi m'assurer avec le plus grand soin de la présence ou de l'absence de l'insecte qui a été si funeste aux betteraves et aux chicorées, dans presque tout le nord de la France.

Voici les principales observations que j'ai faites à ce sujet dans l'arrondissement de Valenciennes. Aux portes mêmes de Valenciennes, sur l'exploitation de M. Maurice, les champs de betteraves étaient ravagés, dans toute leur étendue; les pièces de terre qui y confinaient plantées en trèfles et en sainfoin se trouvaient dans une excellente condition; il fut impossible d'y découvrir une seule chenille.

Sur le territoire d'Urtebize les betteraves étaient partout atteintes, tandis que les champs de blé voisins étaient intacts, et j'ai pris soin de les examiner sur la lisière pour m'assurer que rien n'était endommagé.

A Denain, de semblables constatations ont été faites sur les terres ensemencées en céréales, blé ou avoine.

A Artres, un habile agronome, excellent observateur, M. d'Haussy, me fit remarquer un champ de blé de la plus belle apparence. L'année dernière, le terrain planté successivement en betteraves, en carottes, etc., avait été entièrement dévasté. Désirant ne croire à l'absence de la chenille, de la *Noctua segetum*, qu'après un examen complet, le propriétaire m'invita à pousser mon investigation aussi loin qu'il le faudrait sans craindre de perdre quelque peu de blé. Je trouvai toutes les racines examinées parfaitement intactes, aucune chenille ne put être rencontrée dans le sol.

Quelques personnes m'avaient affirmé que la chenille des betteraves n'épargnait rien, pas plus les céréales que les autres cultures. On pouvait, en effet, en fournir des exemples, mais voici dans quelles conditions je les ai observés.

Des terres avaient été plantées en betteraves ou en chicorées dès le commencement du printemps; ces bet-

Digitized by Google

teraves et ces chicorées avaient été détruites rapidement par les chenilles de la Noctuelle des moissons. Alors, sur ces terres infestées de chenilles qui étaient bien loin du terme de leur croissance, avaient été plantés, par exemple, des choux; les choux et les autres crucifères exposés aux ravages de plusieurs espèces de chenilles différentes (*Pieris brassicæ*, *Mamestra brassicæ*, *Hadena oleracæa*) ne sont pas attaqués dans les conditions ordinaires par la *Noctua segetum;* mais dans des terres remplies de chenilles de cette espèce qui se trouvaient fort affamées, ils avaient été promptement détruits. A Marly, MM. Giraud-Cuvelier m'ont fait examiner une pièce de terre ensemencée en avoine, sur laquelle des betteraves avaient déjà poussé au printemps pour être bientôt détruites; l'avoine, exposée aux atteintes des chenilles qui n'avaient pas d'autre nourriture à leur portée, était rongée aux racines, et alors complétement perdue.

Dans des conditions semblables, les mêmes faits pouvaient être observés sur un grand nombre d'exploitations.

Dès le moment où les agriculteurs avaient reconnu leur ennemi, plusieurs d'entre eux avaient songé à le détruire. Il était d'un grand intérêt pour la suite de mes études, d'apprendre ce qu'ils avaient déjà essayé, et quels résultats ils avaient obtenu de leurs essais.

Le lendemain de mon arrivée à Valenciennes, lorsque j'ai eu l'honneur de recevoir les personnes qui s'étaient préoccupées des ravages subies par les betteraves, j'ai cru pouvoir leur déclarer en toute assurance que je ne pouvais attendre aucun résultat sérieux de substances que l'on viendrait à répandre sur les terres. La chenille dévastatrice s'enfonce plus ou moins dans la terre, se loge facilement dans la racine, et échappe ainsi au contact de ces substances. A cela, il faut ajouter que les substances qui ne sont pas nuisibles à la végétation doivent en général demeurer inoffensives pour la chenille. Les tentatives déjà faites que me signalèrent plusieurs des personnes qui assistaient à la réunion, vinrent confirmer mon opinion, fondée sur la connaissance de l'organisation et des conditions d'existence des insectes qu'il s'agissait de combattre. Néanmoins, afin de ne conserver aucun doute relativement à une question aussi importante, j'ai tenu à constater moi-même sur les lieux la situation des champs où les expériences avaient été faites.

Sur une exploitation située aux portes de Valenciennes, j'ai visité en compagnie de M. le docteur Abel Stiévenart deux pièces de betteraves extrêmement ravagées. Dans l'une, d'une contenance de 2 hectares, on avait, sur une grande étendue, couvert le collet de chaque betterave de plâtre imprégné d'acide chlorhydrique. En levant les plâtras, on trouvait en abondance les chenilles, qui semblaient avoir trouvé des abris à leur convenance. Le propriétaire constata avec nous que l'effet était absolument nul. La même observation eut lieu dans les endroits où l'on avait répandu en abondance des résidus infects de chair et d'os bouillis.

Le 10 juillet, M. Stiévenart et moi, nous nous sommes rendus à Artres, où M. d'Haussy s'est empressé de nous faire voir, sur sa magnifique exploitation, combien avaient été sans effet les diverses matières répandues sur les terres, dans le but de faire périr les chenilles. Un champ de betteraves avait été couvert de suie, et les betteraves n'étaient pas moins ravagées qu'ailleurs. Sur d'autres terres, on avait répandu de la vinasse de distillerie, ou du purin, toujours sans résultat.

A Denain, chez M. Crépin-Deslinsel, on avait fait aussi usage, en plusieurs endroits et sans aucun avantage, du purin, de la chaux, de cendres pyriteuses.

Des citations semblables pourraient être fort multipliées. Qu'il me suffise de rappeler qu'un agriculteur de l'arrondissement de Cambrai, M. Ed. Boulanger, maire de Doignies, a employé, sans plus de succès, les décoctions d'aloès et de feuilles de noyer (*Impartial de Cambrai*, 12 juillet 1865).

On m'a cité des cultivateurs qui, après avoir observé que la chenille de la *Noctua segetum* rongeait principalement le collet de la betterave, avait eu l'idée de faire un petit monticule de terre sur chaque pied. Ils avaient été bientôt amenés à renoncer à cette pratique. Les betteraves ne pouvaient, en effet, se trouver préservées par les monticules de terre, les chenilles de la *Noctua segetum* se tiennent presque constamment cachées, et elles circulent dans la terre meuble avec la plus grande facilité, ce qui n'a pas échappé à l'attention de plusieurs des observateurs de l'arrondissement de Valenciennes.

En supposant inévitable la présence de la chenille de la *Noctua segetum* dans les champs de betteraves, il est à présent reconnu que le préjudice qu'elle cause peut être plus ou moins grand; que les betteraves plantées les premières souffrent moins que celles qui ont été semées les dernières. Il a été reconnu que le fait était général.

En poursuivant mes investigations, j'ai été bientôt frappé en effet de la différence que présentaient, sous le rapport de la dévastation, divers champs de betteraves infestés par un nombre de chenilles à peu près égal.

Ainsi chez MM. Giraud-Cuvelier, à Marly, nous avons visité une pièce de 4 hectares, ensemencée le 6 avril, qui avait médiocrement souffert, tandis que les pertes étaient beaucoup plus considérables dans une autre pièce de 12 hectares, qui n'avait été ensemencée que le 28 avril.

Sur l'exploitation de M. Maurice, à Valenciennes, une différence analogue a été remarquée entre deux pièces de terre ensemencées, l'une le 8 avril, l'autre le 25 du même mois.

Chez M. d'Haussy, à Artres, les betteraves plantées dans les premiers jours d'avril, étaient également dans de moins mauvaises conditions que celles dont la plantation avait été faite du 22 au 24, et dans un champ re-

Digitized by Google

planté vers le 15 mai, les betteraves étaient presque entièrement détruites. De semblables constatations ont eu lieu dans d'autres localités, et notamment, à Denain, sur les terres de MM. Deslinsel, Gouvion-Deroy, etc. Déjà plusieurs agriculteurs, par leur propre observation, en étaient venus à ne plus douter que les betteraves plantées de bonne heure *résistaient* mieux que les autres. Ils m'en avaient fait la remarque. Je puis citer MM. Crépin-Deslinsel et Baillet, à Denain; M. A. Brabant, à Onnaing; M. Delobel, à Famars; M. Mocq, à Haulchin; M. Bénard, fabricant de sucre à Solemmes, etc., etc. La raison de cette différence devait leur échapper, mais l'explication était facile à trouver pour un naturaliste, et il importait qu'elle fût connue de tous les cultivateurs pour empêcher certains d'entre eux d'attribuer à des circonstances fortuites la différence dans l'étendue des ravages.

Les papillons éclosent vers la fin de mai, ou dans les premiers jours de juin, un peu plus tôt ou un peu plus tard, suivant la température. Les œufs sont pondus bientôt après la naissance des papillons, et les jeunes chenilles paraissent ensuite au bout de huit ou neuf jours. Les betteraves plantées tard sont encore très-petites lorsque les chenilles commencent à les attaquer, elles se trouvent détruites dans un très-court espace de temps; les betteraves plantées au commencement d'avril étant déjà grosses dans le mois de juin, les chenilles qui les rongent, les altèrent plus ou moins, mais ne les détruisent pas.

Ce sera donc toujours une bonne mesure à prendre que de semer les betteraves aussitôt que le permettront les exigences des exploitations agricoles.

Il est un autre palliatif, déjà mis en pratique sur quelques points par des agronomes de l'arrondissement de Valenciennes, dont il importe de tenir compte. Les chenilles de la *Noctua segetum* se déplacent beaucoup, surtout lorsque la nourriture vient à leur faire défaut. On les voit alors se porter à de grandes distances. Abandonnant des terres où elles ont à peu près détruit toute la végétation, elles émigrent pour atteindre des champs moins dévastés. A Denain, M. Crépin-Deslinsel avait fait pratiquer des rigoles larges d'environ 30 centimètres, profondes d'environ 1 mètre, à parois bien perpendiculaires; dans ces rigoles, des millions de chenilles étaient venues tomber et s'entasser les unes sur les autres. Incapables de remonter le long des parois des rigoles; elles s'entredévoraient, s'écrasaient par leur propre poids, et périssaient, comme le témoignaient les exhalaisons répandues par leurs corps en putréfaction.

MM. Hannette frères, à Monchaux, m'ont déclaré de leur côté, qu'ayant établi un ruisseau pour empêcher les chenilles de passer d'un champ dans un autre, ils en avaient récolté de 30 à 50 litres par jour.

Je dois m'occuper encore de la valeur de quelques moyens qui ont été mis en pratique ou proposés pour la destruction de l'espèce nuisible.

L'idée de faire recueillir les chenilles ne pouvait manquer de se produire. A Denain, M. Gouvion-Deroy et MM. Baillet frères, ont entrepris de faire ramasser les chenilles à deux ou trois reprises différentes. Le moyen de destruction est infaillible pour les individus que l'on parvient à saisir. Mais il y aurait déjà à examiner si beaucoup de cultivateurs seraient disposés à supporter les frais d'un *échenillage* à la main, qui doit être assez dispendieux, même dans le cas où un champ pourrait être entièrement débarrassé de ses hôtes malfaisants. Or, la connaissance des habitudes de l'insecte devait éloigner de moi toute pensée de recommander l'échenillage. Les larves de la Noctuelle se tenant presque constamment en terre et parfois à une distance assez grande de la plante, il était évident que le plus grand nombre des chenilles devait échapper à une recherche même minutieuse. En effet, à Denain, MM. Stievenart, Mariage, Crépin-Deslinsel, Baillet et quelques autres personnes ont constaté avec moi que les champs les mieux *échenillés*, pour être un peu moins malades que les autres, restaient encore infestés sur tous les points par une foule de chenilles.

Je trouve aussi dans un article de M. Ed. Boulanger, maire de Doignies, inséré dans l'*Impartial de Cambrai*, que « la chasse à la main fatigue trop les hommes et » coûte trop cher ».

Je crois avoir à peine besoin de rappeler les tentatives faites avec les *poulaillers ambulants*. A mon arrivée à Valenciennes, j'ai trouvé tout le monde à peu près fixé à cet égard; les volailles dévorent les feuilles de betteraves en même temps que les chenilles. Celles qui ont mangé de trop grandes quantités de chenilles sont rendues malades et souvent ne tardent pas à périr.

En présence de difficultés probablement insurmontables pour opérer la destruction des chenilles, plusieurs personnes ont été d'avis qu'il fallait songer à détruire l'espèce lorsqu'elle est à l'état de papillon. M. Stievenart (*deuxième séance de la commission instituée à Valenciennes pour l'étude de l'espèce nuisible aux betteraves*) estime que l'on atteindrait le but en allumant dans les champs et d'une manière générale des feux. On sait en effet que la lumière attire la plupart des insectes nocturnes. Un autre membre de la commission (troisième séance, 17 août) a rappelé à l'appui de l'avis émis par M. Stievenart, la recommandation faite par Roberjot d'allumer de grands feux clairs et élevés pour détruire la Pyrale de la vigne(1). Certes, si des personnes de l'arrondissement de Valenciennes veulent renouveler l'expérience pour la *Noctua segetum*, on en tirera cet avantage que tout le monde pourra être bientôt complétement fixé sur la valeur du procédé qu'on recommande aujourd'hui. Mais dès à présent je crois pouvoir déjà dire que j'ai lieu de ne pas fonder de grandes espérances de ce côté. On a essayé en effet de l'emploi des feux pour

(1) Roberjot (l'abbé), *Sur un moyen propre à détruire les chenilles qui ravagent la vigne*. — Mémoires de la Société royale d'agriculture de Paris; année 1787, trimestre du printemps, p. 193.

Digitized by Google

la destruction de la Pyrale. En 1837, par exemple, les vignobles du Mâconnais étaient ravagées dans des proportions formidables; on se souvint de la recommandation de Roberjot, et aussitôt se manifesta l'espérance qu'en généralisant l'emploi des feux on arriverait à une prompte destruction de la Pyrale. Feux de bois, feux de paille furent allumés le soir; on ne tarda pas à reconnaître qu'avec de larges lampions, les papillons se noyant dans l'huile ou la graisse fondue, étaient détruits en plus grand nombre. Mais bientôt la dépense parut considérable, et parut immense le travail nécessaire pour disposer, allumer, entretenir les feux. La durée de l'éclosion des insectes sous leur forme dernière, étant d'environ trois semaines, la nécessité d'allumer une grande quantité de lumières sur d'immenses étendues, les plus décidés parmi les propriétaires de vignobles sentirent faiblir leur résolution de tout exterminer à l'aide d'un semblable moyen. M. Victor Audouin, chargé par le Ministre de l'agriculture d'étudier la Pyrale de la vigne, avait suivi les expériences avec le plus grand soin; il en arriva promptement à conclure que l'emploi des feux offrait une foule de difficultés et la probabilité d'un succès fort incomplet (1). En effet, s'il est vrai que beaucoup de papillons nocturnes viennent se brûler aux lumières, il est incontestable que *tous* n'y sont pas pris. Parmi les papillons détruits par ce moyen, on oublie ensuite que la plus grande part est détruite sans profit pour la culture. Les femelles particulièrement, lorsqu'elles naissent étant alourdies par leurs œufs, volent peu; on prend donc surtout à l'aide des feux, des insectes qui ont déposé leur ponte, des individus, en un mot, dont l'existence près de son terme est désormais indifférente.

Si des observations suivies sur la Pyrale de la vigne ont conduit à considérer l'emploi des feux comme un moyen presque impraticable sur une grande échelle et dans tous les cas d'une efficacité assez faible, que doit-on penser de ce moyen pour la destruction de la Noctuelle préjudiciable aux betteraves. Les lumières attirent beaucoup plus les Pyrales et les Phalènes que les Noctuelles. Celles-ci ayant des ailes moins amples que les premières relativement au volume de leur corps, leur vol est moins fréquent, moins rapide, ce qui nous prouve d'avance que les Noctuelles attirées par les feux seront en quantité assez médiocre comparativement au nombre des individus répandus dans les champs.

Après avoir rappelé les diverses tentatives faites pour détruire la *Noctua segetum*, après avoir supputé ce que l'on doit attendre des moyens proposés pour la destruction de l'insecte soit à l'état de papillon, soit à l'état de chenille, et avoir reconnu l'insuffisance de ces moyens, il importe au plus haut degré de nous préoccuper de la manière d'arriver sûrement à préserver la culture des ravages de l'insecte.

(1) Victor Audouin, *Histoire des insectes nuisibles à la vigne et particulièrement de la Pyrale*, p. 242 et suivantes. Paris, 4°, 1842.

Est-il possible de parvenir au but par des moyens vraiment pratiques? C'est avec assurance que je répondrai oui. Seulement, ce qui est absolument nécessaire, c'est de connaître les moindres détails de la vie de l'animal sous toutes ses formes. Déjà sous ce rapport nous sommes très-avancés, mais il reste néanmoins quelques faits à observer, peut-être quelques expériences à poursuivre et avec les connaissances actuellement acquises, il sera facile de compléter les observations, et d'expérimenter avec de grandes chances d'obtenir d'heureux résultats. Ainsi nous savons que les jeunes chenilles se montrent dans les premiers jours de juin, qu'elles arrivent au terme de leur croissance vers le milieu de juillet, qu'elles se transforment alors en chrysalides et que des papillons paraissent dans le mois d'août; mais suivant toute apparence la plupart des papillons ne doivent éclore que l'année suivante dans le courant du mois de mai, un peu plus tôt ou un peu plus tard, suivant le degré de la température du printemps.

Les papillons éclos au mois d'août donnent nécessairement lieu à une seconde génération de chenilles destinées à se transformer en chrysalides vers la fin de septembre. Seulement ces chenilles, à cause de leur nombre moindre qu'au printemps doivent, surtout en l'état des cultures, être moins dangereuses que celles de la première génération.

La destruction directe des chenilles nous semble hors de toute possibilité; la destruction à l'état de papillons paraît tout à fait impraticable.

En présence de cette situation, il devient à peu près évident qu'il faut songer à la chrysalide, à l'éclosion des papillons et aux œufs.

Je ne puis affirmer encore d'une manière absolue avec quel degré d'efficacité il sera possible d'agir pour détruire l'insecte lorsqu'il est à l'état de chrysalide. Cependant j'entrevois déjà une grande probabilité de succès si des efforts combinés sont obtenus de la part des agriculteurs.

Lorsque au mois d'octobre commencent les labourages, il deviendra sans doute assez facile de mettre à découvert les chrysalides et de les faire enlever par des enfants. Ce serait dans tous les cas une opération beaucoup plus rapide, beaucoup plus aisée, certainement beaucoup plus efficace, que celle de l'enlèvement des chenilles. Néanmoins j'aurai besoin de me rendre sur les lieux au moment où les terres nues devront être remuées, pour apprécier exactement les opérations auxquelles on pourra se livrer avec le plus d'avantage, ne me dissimulant pas ici la possibilité de certaines difficultés. Il est une expérience que j'ai le plus grand désir de tenter, car, si l'expérience était couronnée de succès, le résultat serait complet. Nous savons, et aujourd'hui plusieurs personnes de l'arrondissement de Valenciennes l'ont constaté, que les chrysalides de la *Noctua segetum* sont enfoncées dans la terre à une profondeur de quelques centimètres seulement. Pour que les papillons à peine éclos, puissent tra-

Digitized by Google

verser la couche de terre qui les sépare de la surface, il faut que cette terre soit très-meuble. Or, si un tassement superficiel de la terre peut être opéré sans de grands embarras pour la culture, les papillons, incapables de percer un sol résistant, devront périr sans avoir réussi à se montrer au dehors. J'ai demandé à divers agriculteurs s'ils croyaient à la possibilité de faire exécuter sans grand inconvénient un tassement superficiel du sol, en leur exposant l'avantage immense que j'étais fondé à espérer de cette opération. Plusieurs agriculteurs à la vérité, au premier abord, ont cru voir des difficultés pratiques de nature à faire renoncer de suite à une semblable opération, mais l'idée a été accueillie par quelques-uns et je me trouve ainsi assuré de pouvoir constater les fruits que l'on doit en attendre. Dans le raffermissement de la couche superficielle du sol on trouverait encore un autre avantage que celui d'empêcher la sortie des papillons. Lorsqu'il y aurait des chenilles, ces chenilles qui ne peuvent vivre à découvert pendant la chaleur du jour, parviendraient difficilement à s'abriter et à circuler dans un sol trop ferme et de la sorte beaucoup d'entre elles viendraient à périr.

Maintenant si tous les moyens ayant pour but de détruire les chrysalides et d'empêcher la sortie des papillons ne réussissaient que d'une manière imparfaite, il nous resterait encore un moyen absolument sûr pour nous débarrasser de l'insecte nuisible; ce serait de recueillir les pontes au printemps avant l'éclosion des chenilles. Quelques observations préalables seront seules nécessaires. Il suffira de bien reconnaître l'endroit où les pontes sont déposées. Les enlever restera une opération fort simple, comparativement à l'échenillage et d'une efficacité absolue.

Les papillons déposent leurs œufs en paquets sur les plantes, c'est seulement dans des circonstances tout à fait accidentelles qu'ils les laissent tomber au hasard. A la fin de mai et dans les premiers jours de juin, comme les feuilles de betteraves ne sont pas encore très-développées, on est assuré de pouvoir faire aisément les observations préliminaires et entreprendre aussitôt le travail capable de mettre les champs de betteraves à l'abri du fléau dont ils ont tant souffert cette année.

C'est ainsi, avec une confiance entière, que je dirai aux agriculteurs et aux industriels du Nord : avec votre concours qui, je le sais, ne me fera point défaut, le but que vous poursuivez sera atteint, la calamité qui vous a affligés ne se renouvellera pas, tant que votre vigilance ne viendra point à s'endormir.

ÉMILE BLANCHARD
(de l'Institut).

On a beaucoup parlé dans ces derniers temps de la diminution ou de la disparition des animaux insectivores. Cette disparition est, en effet, fort regrettable. Les oiseaux insectivores sont devenus rares dans un grand nombre de localités; on ne saurait trop recommander dans les campagnes d'entendre l'appel, déjà bien des fois répété, de prendre grand soin de conserver ces créatures secourables aux cultivateurs, et même de favoriser leur développement autant que possible. Dans l'arrondissement de Valenciennes, j'ai observé avec surprise la rareté des insectes carnassiers que l'on détruit partout aveuglément. Il importe de les respecter. Les hérissons, les musaraignes, les taupes, mammifères insectivores, semblent aussi avoir été détruits. Le savant professeur de chimie de Valenciennes, M. Pésier, a appelé dernièrement l'attention sur l'utilité des taupes. Ces animaux, en effet, vivent d'insectes, mais je n'ose insister sur leur progagation, sachant que la manière dont ils remuent le sol est considérée comme une cause de préjudice.

E. B.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

## CHIMIE ORGANIQUE.

COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### XV. — SUITE.

**Chaleur de formation des composés organiques ternaires et quaternaires.**

Nous voyons donc ici des notions très-nettes sur le caractère plus ou moins intime des combinaisons se rattacher aux dégagements de chaleur produits au moment de leur accomplissement. Ces relations sont d'ailleurs générales. Elles s'appliquent aux éthers formiques de tous les alcools, comparés aux acides isomères.

Elles s'appliquent même à tous les acides

$$C^{2n}H^{2n}O^4$$

comparés avec tous les éthers isomériques, quels que soient les acides et alcools générateurs de ces éthers.

Par exemple :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| L'acide butyrique..... | $C^8H^8O^4$..... | dégage en brûlant | 497 000 | cal. |
| L'éther acétique.. .... | $C^4H^4(C^4H^4O^4)$ | » | 553 000 | |
| L'acide caproïque..... | $C^{12}H^{12}O^4$ | » | 812 000 | cal. |
| L'éther méthylvalérique. | $C^2H^2(C^{10}H^{10}O^4)$ | » | 856 000 | |
| Etc., etc. | | | | |

Plus la combinaison est intime, c'est-à-dire plus elle est difficile à dédoubler, plus la chaleur dégagée est considérable et en même temps plus la densité est grande et le point d'ébullition élevé.

*Éthers.*

Qu'arrive-t-il quand on combine un acide avec un alcool ? Les résultats sont différents, suivant que l'on considère les éthers dérivés des acides minéraux énergiques ou dérivés des acides organiques. Avec les premiers, il y a dégagement de chaleur; avec les seconds, absorption de chaleur.

Lorsque l'alcool se combine à l'acide chlorhydrique,

(1) Voyez les nos 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 38 et 40 ; et pour le cours du premier semestre, les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

Digitized by Google

par exemple, il y a un dégagement de chaleur considérable. A la vérité, le phénomène se complique de la chaleur dégagée par la simple dissolution de l'acide chlorhydrique gazeux, lorsqu'on opère avec l'acide isolé. Mais avec les dissolutions aqueuses concentrées d'acide chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique et l'alcool, le dégagement de chaleur est également considérable et dépasse toute hypothèse que l'on pourrait faire sur la différence entre la chaleur de dissolution de ces acides dans l'eau, et dans cette même eau additionnée d'alcool.

Les phénomènes sont plus nets avec l'acide nitrique. En effet, lors de la préparation de l'éther nitrique par l'alcool et l'acide nitrique monohydraté (1), le mélange ne tarde pas à entrer de lui-même en ébullition et l'éther distille, par le seul effet de la chaleur dégagée dans la combinaison. Comme ce dégagement n'est pas immédiatement consécutif au simple mélange, on doit l'attribuer surtout à la combinaison.

L'acide sulfurique et l'alcool donnent également lieu à un dégagement de chaleur considérable. Ici encore il y a lieu de distinguer la chaleur produite par le simple mélange des deux liquides, sans formation d'acide éthylsulfurique, de la chaleur produite par la combinaison chimique. Or, l'expérience prouve que lors du mélange des deux corps, la température peut s'élever diversement, suivant la manière dont le mélange est opéré; par exemple, suivant que l'on verse l'acide en masse au centre de l'alcool, ou bien qu'on le mélange avec celui-ci en animant le tout d'un mouvement gyratoire. Dans le second cas, l'élévation de la température et la quantité totale de chaleur dégagée sont bien moindres que dans le premier cas. Or, cette différence répond précisément à la formation de l'acide éthylsulfurique, beaucoup plus abondant dans le premier cas que dans le second (2).

Cette formation inégale d'acide éthylsulfurique résulte, dans le premier cas, de la température plus élevée produite au centre de la masse (d'où résulte une accélération de la réaction) et de l'excès d'acide relativement à l'alcool en ce même point (ce qui produit à la fin une accélération de la réaction, et l'élévation de la limite d'éthérification).

Quoiqu'il en soit, il n'en demeure pas moins établi que la formation de l'acide éthylsulfurique, indépendamment de tout autre phénomène, dégage de la chaleur.

Ainsi, les acides minéraux énergiques, c'est-à-dire ceux qui dégagent le plus de chaleur en s'unissant à une même base, et qui déplacent les autres acides de leurs combinaisons, les acides minéraux énergiques, dis-je, donnent lieu à un dégagement de chaleur notable en s'unissant avec l'alcool pour former des éthers.

(1) Additionné d'un peu d'urée, pour éviter la formation des produits nitreux. (*Procédé Millon.*)

(2) Pour constater ces différences, il faut analyser immédiatement les liquides, afin d'éviter les effets consécutifs de la combinaison lente.

Venons aux acides organiques. Ce que nous allons dire s'applique d'ailleurs probablement aussi aux acides minéraux faibles.

D'abord quand on opère le mélange, il se produit d'ordinaire une légère absorption de chaleur. M. Faure a observé cet effet avec l'alcool et l'acide acétique; je l'ai également reconnu avec l'alcool et l'acide butyrique. Au contraire, l'acide formique donne lieu à un certain dégagement de chaleur. Mais ce sont là des phénomènes purement physiques. Peu à peu la combinaison s'effectue: mais si on l'abandonne à elle-même, elle est si lente qu'il devient impossible de l'étudier au point de vue des phénomènes calorifiques; d'où la nécessité de recourir aux chaleurs de combustion, suivant notre artifice ordinaire.

La chaleur de formation d'un éther est la différence entre la somme des chaleurs de combustion de l'acide et de l'alcool et la chaleur de combustion de l'éther lui-même.

La première remarque qui résulte de cette comparaison, c'est que la chaleur de combustion d'un éther diffère à peine de la somme des chaleurs de combustion de l'acide et de l'alcool générateur.

Ainsi :

| | | |
|---|---|---|
| | L'éther butyrique $C^4H^4(C^8H^8O^4)$ .... | 823 000 |
| L'alcool..... .. | 321 000 | |
| L'acide butyrique ... | 497 000 | |
| | 818 000..... | 818 000 |
| | L'éther acétique $C^4H^4(C^4H^4O^4)$..... | 554 000 |
| L'alcool..... | 321 000 | |
| L'acide acétique ... | 210 000 | |
| | 531 000..... | 531 000 |

et de même des autres.

Ces nombres se rapportent à la température de 0 degré. Mais si l'on ramène la réaction à l'état gazeux :

$$C^4H^6O^2 + C^8H^8O^4 = C^4H^4(C^8H^8O^4) + H^2O^2,$$

leurs différences demeureront à peu près les mêmes, parce que le volume des corps liquides qui se changent en gaz est le même dans le système initial et dans le système final.

Il est facile de voir que les différences précédentes sont faibles et dépassent à peine les limites d'erreurs des expériences relatives à la chaleur de combustion.

Ainsi, la formation d'un éther organique ne donne lieu qu'à des phénomènes calorifiques peu marqués. Ce résultat pouvait être prévu, car toutes les propriétés physiques qui dépendent des masses relatives des corps combinés se conservent sans changement notable dans l'éthérification. J'ai déjà insisté, il y a dix ans, sur ces relations. Bornons-nous à rappeler la suivante : les volumes des corps réagissants sont sensiblement égaux à ceux des corps résultants :

$$\text{Acide} + \text{Alcool} - \text{Eau} = \text{Éther.}$$
$$v + v' - v'' = V$$

Si l'on cherche à préciser davantage la formation des éthers organiques, on trouve que la chaleur de combustion de *tous les éthers observés*, à l'exception des éthers

Digitized by Google

formiques, sont un peu plus grandes que la somme relative à l'alcool et à l'acide générateur :

| | | |
|---|---|---|
| Éther méthylacétique $C^2H^2(C^4H^4O^4)$... | 395 000 | diff. 15 000 |
| Alcool méthylique et acide acétique... | 380 000 | |
| Éther acétique $C^4H^4(C^4H^4O^4)$..... | 554 000 | diff. 23 000 |
| Alcool et acide acétique..... | 531 000 | |
| Éther méthylbutyrique $C^2H^2(C^8H^8O^4)$.. | 694 000 | diff. 27 000 |
| Alcool et acide..... | 667 000 | |
| Éther butyrique $C^4H^4(C^8H^8O^4)$..... | 823 000 | diff. 5 000 |
| Alcool et acide butyrique..... | 818 000 | |
| Éther méthylvalérique $C^2H^2(C^{10}H^{10}O^4)$. | 856 000 | diff. 32 000 |
| Alcool méthylique et acide valérique.. | 827 000 | |
| Éther valérique $C^4H^4(C^{10}H^{10}O^4)$..... | 1 018 000 | diff. 40 000 |
| Alcool et acide valérique..... | 978 000 | |
| Éther amylacétique $C^{10}H^{10}(C^4H^4O^4)$... | 1 036 000 | diff. 40 000 |
| Alcool amylique et acide acétique.... | 998 000 | |
| Éther amylvalérique $C^{10}H^{10}(C^{10}H^{10}O^4)$. | 1 469 000 | diff. 24 000 |
| Alcool amylique et acide valérique... | 1 445 000 | |
| Éther éthalmargarique (1) $C^{32}H^{32}(C^{32}H^{32}O^4)$..... | 4 964 000 | diff. 14 000 |
| Alcool éthalique et acide margarique . | 4 950 000 | |

On voit que les différences s'élèvent jusqu'à $\frac{1}{25}$ de la quantité totale. — Leur existence constante tend à établir qu'il y a travail négatif, c'est-à-dire *absorption de chaleur*, lors de la transformation du système alcool et acide dans le système éther et eau, pris sous sa forme actuelle. Ce travail négatif a lieu, comme pour l'acide formique, dans le cas d'une réaction directe effectuée à la température ordinaire, avec le concours du temps.

Doit-il être attribué à la combinaison atomique ou bien aux changements physiques qui surviennent dans l'arrangement des molécules? La seconde opinion me paraît plus vraisemblable. Elle est d'ailleurs appuyée par cette circonstance que le simple mélange des acides organiques avec les alcools produit une légère absorption de chaleur, comme si le travail de la combinaison commençait déjà à s'opérer lors du simple mélange. Au contraire, le mélange des éthers avec l'eau dégage de la chaleur, d'après mes expériences sur plusieurs d'entre eux (formique, acétique, méthylformique).

Ces diverses observations offrent une exception remarquable, mais qui me semble confirmer la règle, elle se rencontre dans l'étude des éthers formiques. En effet, ces éthers ont tous une chaleur de combustion inférieure à celle de leurs composants :

| | | |
|---|---|---|
| Éther méthylformique $C^2H^2(C^2H^2O^4)$ ... | 252 000 | excès 14 000 |
| Alcool méthylique et acide formique... | 266 000 | |
| Éther formique $C^4H^4(C^2H^2O^4)$..... | 391 000 | excès 26 000 |
| Alcool et acide formique..... | 417 000 | |

La formation de ces éthers paraît donc être accompagnée par un dégagement de chaleur. A la vérité, les nombres précédents, le second surtout, sont évidemment trop forts; car il résulterait du dernier que la décomposition de l'éther formique par la potasse est accompagnée par une absorption de chaleur, ce que j'ai trouvé contraire à l'expérience (1). Quoiqu'il en soit, les éthers formiques semblent faire exception. Mais c'est qu'ils renferment un acide anormal, l'acide formique, dont la formation correspond à une absorption de 27 000 calories; il est parfaitement concevable qu'une partie de cette chaleur, en quelque sorte emmagasinée, se dégage lors de la formation des éthers formiques. Les éthers formiques sont d'ailleurs beaucoup plus faciles à décomposer par les alcalis que la plupart des autres éthers organiques.

A ces différences dans la chaleur dégagée lors de la formation des éthers minéraux et organiques correspondent des différences analogues dans le travail nécessaire pour les décomposer. Aussi le dédoublement des éthers nitrique, chlorhydrique, sulfurique, est-il souvent plus difficile à réaliser que celui des éthers organiques, et donne-t-il lieu parfois à des produits différents : éther simple ou carbure, au lieu d'alcool sous l'influence des alcalis; éthylamine au lieu d'amide, sous l'influence de l'ammoniaque, etc., etc.

C'est sans doute en raison de cette circonstance que l'équilibre d'éthérification est représenté sensiblement par les mêmes limites pour les divers alcools et acides organiques; tandis que ces limites sont fort différentes pour les acides minéraux, comme je l'ai observé. De là peut-être le rôle, jusqu'ici inexpliqué, des acides minéraux pour favoriser l'éthérification des acides organiques. De là encore la production des éthers organiques avec mise en liberté d'acide chlorhydrique, dans la réaction des chlorures acides sur l'alcool. Dans toutes ces conditions, on voit se produire d'abord et de préférence l'éther dont la formation répond au moindre phénomène calorifique, c'est-à-dire au moindre changement dans l'état moléculaire des composés initiaux (2).

Pour compléter ces résultats, il serait nécessaire de présenter des données analogues pour les corps gras neutres, en tant que formés par l'union de la glycérine avec les acides gras. Ceci a de l'importance au point de vue de la physiologie animale. Nous allons essayer de faire le calcul, en partant de la seule donnée qui soit applicable à la question, nous voulons dire la chaleur de combustion de l'huile d'olives, déterminée par Dulong.

D'après ce savant, la combustion de 1 gramme d'huile d'olives dégage 9862 calories.

(1) J'admets pour la chaleur de combustion de cet éther, celle du blanc de baleine, dont il forme la masse principale.

(1) Système initial $C^2H^2O^4 + C^4H^6O^2 + KHO^2$ dissoute.

D'autre part. $\begin{cases} C^2H^2O^4 + \text{Eau} = \text{chaleur dégagée relativement faible.} \\ C^2H^2O^4 + KHO^2 \text{ dissoute} = 14\,000. \end{cases}$

D'autre part... $\begin{cases} C^2H^2O^4 + C^4H^6O^2 = \text{Éther formique : chaleur dégagée.} \\ C^4H^4(C^2H^2O^4) + KHO^2 \text{ dissoute} = \text{formiate de potasse} \\ \quad + \text{alcool : chaleur dégagée.} \end{cases}$

La somme des chaleurs dégagées dans le second cas est égale à la chaleur dégagée dans le premier.

(2) Cependant sous l'influence d'un contact prolongé, le déplacement inverse peut être observé dans un certain nombre de cas, l'équilibre finissant par être déterminé en faveur de l'acide qui donne lieu au dégagement de chaleur le plus considérable.

Digitized by Google

Or, l'huile d'olive est constituée principalement par la trioléine :

$$C^{114}H^{104}O^{12} = 3C^{36}H^{34}O^4 + C^6H^8O^6 - 3H^2O^2.$$

La chaleur de combustion d'un équivalent de trioléine sera donc :

8 718 000 calories.

Si nous connaissions la chaleur de combustion de l'acide oléique et celle de la glycérine, nous pourrions rechercher quel phénomène calorifique accompagne leur combinaison; mais ces deux données nous manquent. Nous allons tâcher d'y suppléer.

La chaleur de combustion de l'acide oléique :

$$C^{36}H^{34}O^4,$$

diffère évidemment peu de celle de l'acide stéarique :

$$C^{36}H^{36}O^4,$$

qui renferme 2 équivalents d'hydrogène de plus. Cette dernière étant égale à

2 759 000,

nous poserons celle de l'acide oléique :

2 759 000 — A,

ce qui fait pour 3 équivalents :

8 277 000 — 3A.

Retranchons ce nombre de la chaleur de combustion de la trioléine, nous aurons :

441 000 + 3A,

nombre qui représente la chaleur de combustion de la glycérine G, accrue de la chaleur C, absorbée dans la combinaison de la glycérine et de l'acide oléique :

441 000 + 3A = G + C.

Jusqu'ici le calcul est rigoureux; pour aller plus loin, il faut faire une hypothèse.

Nous admettrons que l'addition de $H^2$ à l'acide oléique pour le changer en acide stéarique :

$$C^{36}H^{34}O^4 + H^2 = C^{36}H^{36}O^4$$

répond à un dégagement de 29 000 calories, valeur moyenne déduite des réactions analogues; alors

A = 69 000 — 29 000 = 40 000.

3A = 120 000.

d'où

G + C = 561 000.

Pour que C fût négatif, c'est-à-dire pour que la formation des corps gras répondît à un dégagement de chaleur, il faudrait donc que la chaleur de combustion de la glycérine fût plus grande que 561 000.

Or, ce nombre doit être regardé comme tout à fait invraisemblable. En effet, la glycérine a pour formule $C^6H^8O^6$, et elle dérive théoriquement du carbure $C^6H^8$, par la même réaction que l'alcool méthylique $C^2H^4O^2$, dérivé du gaz des marais $C^2H^4$, cette réaction étant répétée trois fois. — Or la chaleur de combustion du carbure $C^6H^8$ peut être calculée à 520 000. Il faudrait donc que l'addition de 6 équivalents d'oxygène au carbure pour former la glycérine, $C^6H^8O^6$, donnât lieu à une *absorption* de chaleur supérieure à

561 000 — 520 000 = 41 000.

Mais c'est là un résultat d'autant moins probable que l'addition de $O^2$ à $C^2H^4$, c'est-à-dire la réaction analogue, dégage 40 000 calories. D'après les analogies, l'addition de $O^6$ à $C^6H^8$ en dégagerait 120 000, ce qui donnerait pour la chaleur de combustion de la glycérine le chiffre approximatif 400 000.

Il paraît donc très-probable qu'il y a absorption de chaleur dans la combinaison d'un acide gras avec la glycérine, et dégagement de chaleur dans le dédoublement réciproque par hydratation; résultat tout à fait conforme à celui que nous venons d'établir pour les éthers composés.

En adoptant les chiffres ci-dessus, on trouverait cette absorption égale à 160 000, soit 2 pour 100 de la chaleur de combustion de la trioléine. — Pour les éthers, l'absorption peut s'élever jusqu'à 4 pour 100 de leur chaleur de combustion.

Venons aux éthers formés par l'association de deux alcools et dont la production répond, comme les réactions précédentes, à un phénomène de déshydratation.

Soit l'éther ordinaire :

$$C^4H^4(C^4H^6O^2) :$$
$$C^4H^6O^2 + C^4H^6O^2 = C^8H^{10}O^2 + H^2O^2.$$

La chaleur de combustion, d'après les nombres de Favre et Silbermann, est égale à 668 000;

D'après ceux de Dulong, à 698 000, chiffre qui me paraît plus exact : la moyenne serait 683 000. Dans un cas comme dans l'autre, il y a absorption de chaleur, la chaleur de combustion de l'alcool étant de :

321 000 × 2 = 642 000.
Différence : 41 000.

A 200 degrés, la différence entre ces chiffres doit peu changer, puisqu'il y a deux équivalents liquides transformés en gaz dans le système initial, aussi bien que dans le système final. Le calcul rigoureux indiquerait 3000 calories de moins absorbées à 200 degrés, soit 38 000.

Résultat analogue pour l'éther éthylamylique (étudié sous le nom d'éther amylique dans le travail de MM. Favre et Silbermann) :

$$C^{10}H^{10}(C^4H^6O^2) :$$
$$C^4H^6O^2 + C^{10}H^{12}O^2 = C^{14}H^{16}O^2 + H^2O^2.$$

En effet, on a

| | |
|---|---|
| Éther éthylamylique..... | 1 161 000 |
| Alcools composants..... | 1 109 000 |
| | 52 000 |

La formation des éthers mixtes, aussi bien que celle des éthers composés, paraît donc être accompagnée par une absorption de chaleur. Cette circonstance est conforme à la nécessité d'une double décomposition produisant, en vertu d'une réaction simultanée, le travail nécessaire à la formation de ces éthers.

Il résulte de ce qui précède que l'eau qui se forme dans la production des éthers ne résulte pas d'un phénomène de combustion. Cette combustion dégagerait de la chaleur au lieu d'en absorber.

### *Formation des composés azotés.*

Il ne nous reste à considérer que la production des composés quaternaires, c'est-à-dire des corps analogues aux composés azotés si répandus dans

Digitized by Google

les êtres vivants; nous dirons ensuite quelques mots, comme application, sur la chaleur animale.

Deux ordres de considérations permettent d'aborder la question relative à la formation des composés azotés; les unes sont relatives aux chaleurs de combustion; les autres reposent sur la discussion de certains phénomènes qui se manifestent au moment des réactions.

Sur la chaleur de combustion, nous ne possédons des données précises que pour un seul corps : le cyanogène.

Dulong a trouvé que

1 gr. de ce corps dégage 5195 calories,
ce qui donne pour 1 équivalent 270 000 calories.

Ce nombre permet de faire des rapprochements fort intéressants sur le mode de formation du cyanogène.

1er *cycle :*

$$C^4 + Az^2 + O^8 = 2C^2O^4 + Az^2.$$

Chaleur de combustion du carbone .... $94\,000 \times 2 = 188\,000$.

2e *cycle :*

Combinons maintenant le carbone avec l'azote :

$$C^4 + Az^2 = C^4Az^2.$$

Soit $x$ la chaleur qui répond à cette formation. Brûlons maintenant le produit obtenu :

$$C^4Az^2 + O^8 = 2C^2O^4 + Az^2,$$

on a

$$180\,000 = 270\,000 + x,$$

d'où

$$x = -90\,000 \text{ calories},$$

Ainsi, pour se former avec les éléments, le cyanogène, bien loin de dégager de la chaleur, en absorbe, au contraire, une quantité considérable; c'est donc un corps analogue au chlorure d'azote; en d'autres termes, sa décomposition est exothermique.

Ceci ne s'applique qu'au cyanogène. En est-il de même des autres composés azotés? ces corps, en se décomposant, absorbent-ils de la chaleur? l'exemple qui précède ne peut évidemment résoudre cette question. Mais on peut arriver à une conclusion plus générale en considérant le cyanogène comme un corps dérivé d'un composé oxygéné; en un mot, comme l'amide de l'acide oxalique :

$$C^4H^7O^8.2AzH^3 = C^4Az^2 + 4H^2O^2.$$

Ceci résulte, d'après cette équation, d'une simple relation de formule; mais une série d'expériences prouvent qu'il en est réellement ainsi.

En effet, si prenant le cyanogène, on le dissout dans une dissolution d'acide chlorhydrique, il y aura fixation d'eau et production d'acide oxalique et de chlorhydrate d'ammoniaque; réciproquement, en distillant de l'oxalate d'ammoniaque à travers un tube rouge, on pourra obtenir du cyanogène. Ainsi, le cyanogène est un véritable amide.

Ceci permet d'arriver à des résultats importants sur la formation des acides; il suffit de calculer les chaleurs dégagées ou absorbées dans une série de transformations successives. Mais, pour raisonner avec rigueur, il faut partir des éléments et arriver à un même système final, en faisant varier le cycle des réactions.

Partant du carbone et de l'hydrogène, on peut se proposer de passer par l'acide oxalique pour former le cyanogène.

On réalise cette formation, à partir des éléments, par la suite de réactions :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Éthylène..... | $C^4 + H^4 = C^4H^4$..... | $-$ 8 000 | calories. |
| Eau..... | $H^2 + O^2 = H^2O^2$..... | $+$ 69 000 | » |
| Alcool..... | $C^4H^4 + H^2O^2 = C^4H^6O^2$..... | $+$ 13 000 | » |
| Ac. oxalique.. | $C^4H^6O^2 + O^{10} = C^4H^2O^8 + H^2O^2$ | $+$267 000 | » |
| Ammoniaque..... | $Az + H^3 = AzH^3$.23 300 | | |
| | $2AzH^3$..... | $+$ 46 000 | » |
| Oxalate d'ammoniaque solide | $C^4H^2O^8 + 2AzH^3$ | | |
| Dissolution de $C^4H^2O^8$ dans beaucoup d'eau..... | $-$ 6 000 | | |
| Dissolution de $2AzH^3$..... | $+$ 17 000 | | |
| Formation du sel dissout..... | $+$ 26 000 | $+$ 43 000 | » |
| Séparation du sel sous forme solide évaluée à..... | $+$ 6 000 | | |
| | $+$ 43 000 | | |
| Cyanogène.... | $C^4H^2O^8,2AzH^3 = C^4Az + 4H^2O^2$ | X | » |
| Combustion du cyanogène | $C^4Az^2 + O^8 = 2C^2O^4 + Az^2$..... | $+$270 000 | » |
| | Total..... | 700 000 | » $+$X |

Cette quantité de chaleur résulte de la transformation du système d'éléments suivants.

$$C^4 + H^{12} + Az^2 + O^{20} \text{ en } 2C^2O^4 + 6H^2O^2 + Az^2.$$

Or,

$$C^4 + O^8 = 2C^2O^4 \ldots\ldots\ldots 188\,000$$
$$H^{12} + O^{12} = 6H^2O^2 \ldots\ldots\ldots 414\,000$$
$$602\,000$$

Les deux sommes étant égales, on tire :

$$X = -98\,000.$$

Il y a donc une *absorption* de chaleur égale à près de 100 000 calories, par le fait de la transformation de l'oxalate d'ammoniaque en eau et en cyanogène, tous les corps étant ramenés à la température ordinaire.

Réciproquement, la transformation du cyanogène et de l'eau en oxalate d'ammoniaque doit dégager 100 000 calories.

Cette conclusion s'applique également à la réaction réelle, c'est-à-dire effectuée à une température à laquelle l'eau possède l'état gazeux. A cette température, la quantité de chaleur *absorbée* dans la réaction s'accroîtra de toute celle qui répond à la vaporisation de l'eau, c'est-à-dire pour $4H^2O^2$, de 40 000 calories environ.

On arrive à des résultats analogues quand on applique des calculs semblables à l'acide cyanhydrique, corps qui peut être considéré comme un amide de l'acide formique :

$$C^2H^2O^4,AzH^3 = C^2HAz + 2H^2O^2.$$

Je dois d'abord prouver que cette réaction répond à une absorption de chaleur.

En effet, l'acide chlorhydrique transforme l'acide cyanhydrique en acide formique avec dégagement de chaleur, et ce dégagement est plus considérable que celui qui résulte de la transformation du formiate d'ammoniaque par l'acide chlorhydrique, en présence de la même quantité d'eau en acide formique et chlorhydrate d'ammoniaque.

En comparant les deux suites de réaction :

(1) $C^2H^2O^4,AzH^3 + HCl = C^2H^2O^4 + AzH^3,HCl$ équivaut à A cal.

Digitized by Google

$$(2)\quad \begin{cases} C^2H^2O^4,AzH^3 = C^2HAz + 2H^2O^2 \ldots & » \quad X \\ C^2HAz + H^2O^2 + HCl = C^2H^2O^4 + AzH^3,HCl & » \quad B \end{cases}$$

lesquelles partent du même système initial :

$$C^2H^2O^4,AzH^3 \quad \text{et} \quad HCl,$$

pour aboutir au même système final; et, en s'appuyant sur l'observation précédente, on en conclut :

$$A = B + X.$$

Si donc $B > A$, ce qui résulte de l'expérienc, X doit être négatif.

Il y a donc absorption de chaleur lorsque le formiate d'ammoniaque se change en acide cyanhydrique par déshydratation, tous les corps étant ramenés à la température actuelle. C'est le même fait que pour la transformation de l'oxalate d'ammoniaque en cyanogène par déshydratation.

Avant d'aller plus loin, montrons encore que la formation de l'acide cyanhydrique au moyen des éléments :

$$C^2 + H + Az = C^2HAz,$$

répond également à une absorption de chaleur.

Considérons, en effet, les deux suites de changements suivants :

1re SÉRIE.

*Système initial.*

$$C^2 + H^3 + Az + O^2 + H^2O^2 + HO.$$

$$\begin{array}{rl} C^2 + O^2 = C^2O^2 \ldots\ldots\ldots\ldots & +25\,000 \\ C^2O^2 + H^2O^2 = C^2H^2O^4 \ldots\ldots\ldots & +27\,000 \\ Az + H^3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & +23\,000 \\ AzH^3 + HCl = AzH^3HCl \text{ solide} \ldots & +42\,000 \\ \hline & +63\,000 \end{array}$$

*Système final.*

$$C^2H^2O^4 + AzH^3HCl.$$

2e SÉRIE,

*Même système initial.*

$$\begin{array}{rl} C^2 + H + Az = C^2HAz \ldots\ldots\ldots\ldots & X \\ H^2 + O^2 = H^2O^2 \ldots\ldots\ldots\ldots & 69\,000 \\ C^2HAz + 2H^2O^2 + HCl = C^2H^2O^4 + AzH^3HCl \ldots\ldots & F \\ \hline & +69\,000 + B + X \end{array}$$

*Même système final.*

Les deux sommes étant égales :

$$6000 + B + X = 0.$$

Or, B est positif, car il y a dégagement de chaleur évident dans la réaction de l'acide chlorhydrique. Donc X est négatif, et supérieur en valeur absolue à 6000 calories. Donc la formation de l'acide cyanhydrique avec les éléments répond à une absorption de chaleur.

On arrive au même résultat par une autre voie qui donne une limite plus élevée en s'appuyant sur le résultat obtenu précédemment, relativement à la transformation du formiate d'ammoniaque en acide cyanhydrique.

On a en effet :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Oxyde de carbone | $C^2 + O^2 = C^2O^2$ | | $+25\,000$ cal. |
| Eau | $H^2 + O^2 = H^2O^2$ | | $+69\,000$ |
| Acide formique | $C^2O^2 + H^2O^2 = C^2H^2O^4$ | | $-27\,000$ |
| Ammoniaque | $Az + H^3 = AzH^3$ | | $+23\,000$ |
| Formiate d'ammoniaque solide | $C^2H^2O^4 + AzH^3$ | | |
| Chaleur dégagée dans la dissolution de $C^2H^2O^4$ | | $+A$ | $+22\,000 + A + B$ |
| Chaleur dégagée dans la dissolution de $AzH^3$ | | $+8\,700$ | |
| Union de $C^2H^2O^4$ dissout avec $AzH^3$ dissout | | $+13\,000$ | |
| Séparation du sel sous forme solide | | $+B$ | |

| | |
|---|---|
| Acide cyanhydrique : $C^2H^2O^4,AzH^3 = C^2HAz + 2H^2O^2 - X$ | |
| Combustion de l'acide cyanhydrique $C^2HAz + O^5 = C^2O^4 + HO + Az$ | $+Y$ |
| Total | $112\,000 + A + Y - X$ |

Cette quantité de chaleur résulte de la transformation du système d'éléments :

$$C^2 + H^5 + Az + O^9 \quad \text{en} \quad C^2O^4 + 5HO + Az.$$

Or,

$$\begin{array}{rl} C^2 + O^4 = C^2O^4 \ldots\ldots\ldots & 94\,000 \\ H^2 + O^5 = 5HO \ldots\ldots\ldots & 172\,500 \\ \hline & 266\,500 \end{array}$$

Les deux sommes étant égales, on en tire :

$$A + B - X + Y = 154\,500.$$

Donc la chaleur de combustion de l'acide cyanhydrique :

$$Y = 154\,500 + (X - A - B).$$

A, chaleur de dissolution de l'acide formique, et B, chaleur dégagée dans la cristallisation du formiate d'ammoniaque sont, d'après l'expérience, des quantités relativement peu considérables; on peut, à la rigueur, les négliger dans nos calculs; on peut encore évaluer la somme (A + B) à 6 ou 7000 calories, chiffre maximum que nous adopterons. D'ailleurs, X, chaleur absorbée dans la transformation du formiate d'ammoniaque en acide cyanhydrique et eau, est une quantité positive, d'après ce qui précède; donc Y doit être regardée comme supérieure à 147 500 calories. Mais les éléments de l'acide cyanhydrique, $C^2$,H,Az, en s'unissant avec $O^5$, dégagent 128 500 calories, nombre inférieur au précédent. Donc la chaleur *absorbée* par la formation de l'acide cyanhydrique dans son état actuel, par suite de la réunion du carbone, de l'azote et de l'hydrogène dépasse 147 500 — 128 500, c'est-à-dire 19 000 calories. — L'acide cyanhydrique est donc un corps décomposable en éléments avec dégagement de chaleur.

Cette propriété s'accorde avec l'aptitude bien connue de l'acide cyanhydrique à se décomposer spontanément.

Il s'agirait maintenant de décider si la formation de l'acide cyanhydrique, au moyen du cyanogène et de l'hydrogène :

$$C^4Az^2 + H^2 = 2C^2HAz$$

dégage ou absorbe de la chaleur.

Or, la chaleur de combustion du premier système est égale à 339 000 calories; celle du second est supérieure à 295 000.

Ces chiffres ne permettent pas de décider la question. On peut observer cependant que la chaleur dégagée est inférieure à 44 000 calories (soit 22 000 pour $C^2HAz$); il s'agit d'ailleurs de l'acide cyanhydrique liquide. Si l'on envisageait l'acide gazeux, cette quantité serait inférieure à 12 ou 14 000 pour un équivalent $C^2HAz$. On voit combien elle est plus faible que celle qui répond à la formation de l'acide chlorhydrique, HCl. — Peut-être même est-elle négative, c'est-à-dire qu'elle se réduit à une absorption.

Examinons encore la formation du cyanhydrate d'am-

Digitized by Google

moniaque par la réaction du carbone sur le gaz ammoniac :

$$C^2 + 2AzH^3 = C^2HAz,AzH^3 + H^2.$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| $C^2 + O^4$ ..... | 94 000 | $C^2HAz$ ..... | 147 500 + X' |
| $2AzH^3 + O^6$ ..... | 163 000 | $AzH^3$ ..... | 81 500 |
| | | $H^2$ ..... | 69 000 |
| | 257 000 | | 298 000 + X' |

La différence 41 000 + X représente la chaleur *absorbée* dans cette réaction, si l'on suppose le cyanhydrate d'ammoniaque complétement dissocié à la température de l'expérience, c'est-à-dire si l'on admet que le mélange d'acide cyanhydrique et d'ammoniaque ne produit point de chaleur notable à cette température.

C'est un nouvel exemple d'une réaction directement réalisable et qui donne lieu à une absorption de chaleur.

Sans insister davantage, nous allons revenir à la formation des amides par la déshydratation des sels ammoniacaux. Nous avons vu comment la production d'une quantité de chaleur plus considérable dans la réaction de l'acide chlorhydrique sur l'acide cyanhydrique que sur le formiate d'ammoniaque nous conduit à conclure à une absorption de chaleur dans la transformation du formiate d'ammoniaque en acide cyanhydrique. — La même conclusion paraît s'appliquer, d'après mes expériences à l'amide formique :

$$C^2H^2O^4,AzH^3 = C^2H^3AzO^2 + H^2O^2,$$

quoique les phénomènes observés dans l'action de l'acide chlorhydrique sur cet amide aient été moins tranchés qu'avec l'acide cyanhydrique.

Un raisonnement semblable, appliqué à la réaction comparée des acides ou des alcalis concentrés sur les divers amides et sur les sels ammoniacaux correspondants, permettra de décider par l'inégalité des quantités de chaleurs dégagées. Lors de la décomposition de l'amide et lors de la réaction pareille exercée sur le sel ammoniacal correspondant, si la formation des amides au moyen des sels ammoniacaux organiques absorbe en général de la chaleur et si la réaction inverse, c'est-à-dire l'hydratation de ces mêmes amides, dégage de la chaleur, comme les exemples précédents portent à le croire. — Ces résultats sont d'ailleurs conformes au rôle général de la chaleur dans les réactions, puisque dans la plupart des décompositions produites par cet agent il y a absorption de chaleur; or, la déshydratation d'un sel ammoniacal par la chaleur n'est autre chose qu'une décomposition.

Quoiqu'il en soit, on doit conclure de ce qui précède qu'il y a souvent, sinon toujours, absorption de chaleur lors de la formation des amides organiques. C'est là un fait analogue à celui qui se produit dans la production des éthers et qui semble ainsi fort général dans les hydratations.

On peut arriver à la même conclusion par des considérations d'un autre ordre. Supposons que l'on effectue la décomposition d'une série de corps par la chaleur; deux cas différents peuvent se présenter, après une élévation graduelle de température : tantôt la décomposition, d'abord graduelle, s'accélérera à la fin brusquement et se terminera avec détonation; tantôt, au contraire, elle aura lieu d'une manière régulière et la température restera sensiblement constante.

Le premier cas se présente avec l'eau oxygénée, le chlorure d'azote, les composés oxygénés du chlore et l'azotate d'ammoniaque ; le second cas paraît, au contraire, beaucoup plus commun. Nous en avons cité un exemple avec l'acide oxalique.

Nous avons également montré que les décompositions qui présentent cette régularité sont celles qui se font avec absorption de chaleur; au contraire, celles qui sont explosives répondent à un dégagement de chaleur.

Ainsi, la marche que suit la décomposition d'un corps peut éclairer sur son mode de formation. La décomposition tend-elle vers un point fixe, la réaction est endothermique, et la formation du corps lui-même répond à un dégagement de chaleur; la décomposition s'effectue-t-elle avec explosion, c'est que le corps en se décomposant dégage de la chaleur : sa formation a dû en absorber.

Prenons comme exemple l'acétamide :

$$C^4H^4O^4,AzH^3 = C^4H^5AzO^2 + H^2O^2.$$

Cette décomposition effectuée par la chaleur se manifeste à une température fixe voisine de 230 degrés; elle doit donc répondre à une absorption de chaleur. C'est une nouvelle preuve à l'appui des idées que nous développons. Mais elle n'est pas aussi concluante qu'on pourrait le désirer, attendu que la réaction chimique s'accompagne ici d'un changement d'état, un corps liquide, le sel ammoniacal, se changeant en deux composés gazeux.

Quoiqu'il en soit, j'ai cru devoir formuler ces divers rapprochements qui mettent en évidence, d'une part les méthodes par lesquelles on peut calculer les dégagements ou absorptions de chaleur produits dans les réactions; et, d'autre part, la généralité des effets calorifiques qui résultent, en chimie organique, des phénomènes d'hydratation. Nous verrons dans la prochaine leçon quelle est l'importance de ces considérations et de ces observations dans l'organisation animale, où les corps azotés de l'ordre des amides constituent la plupart des tissus, où les corps gras sont si répandus, et où les réactions d'hydratation ne sont ni moins nombreuses, ni moins importantes que les réactions d'oxydation.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

Digitized by Google

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ANTHROPOLOGIE (1).

### COURS DE M. DE QUATREFAGES

(de l'Institut).

### VIII.

**Migrations par mer. — Physique générale du globe.**

Nous avons, dans notre dernière leçon, terminé l'examen de ce qui est relatif à l'antiquité de l'homme. Nous avons trouvé la preuve de son existence pendant la période quaternaire, dans la grotte d'Aurignac étudiée par M. Lartet. L'indépendance de cette grotte des terrains controversés, les ossements humains qui s'y trouvaient mêlés à des ossements d'animaux caractéristiques de la période quaternaire, cassés par l'homme et rongés par des hyènes, tout démontre que l'homme a été contemporain des espèces perdues, qu'il vivait avant l'époque géologique actuelle. Nous avons vu comment M. Lartet a établi, dans cette période quaternaire, quatre âges basés sur la succession des animaux, tout en faisant remarquer que ces quatre âges sont purement locaux et propres à la France.— Nous nous sommes alors demandé si l'on ne pouvait pas aller au delà, et si rien n'autorisait à croire à l'existence de l'homme dans la période tertiaire. Ici nous avons rencontré les conjectures de Falconer, et la découverte, par M. Desnoyers, d'ossements appartenant au pliocène, et paraissant entaillés par un instrument tranchant. Autant que le professeur en a pu juger, ces preuves ont semblé au moins impressionner vivement M. Lyell qui les examinait avec lui.

On n'a pas dépassé la formation pliocène dans ces investigations. Il parait évident qu'au delà des terrains tertiaires l'homme ne pouvait vivre, car les conditions nécessaires à son existence manquaient; mais dans les terrains tertiaires inférieurs où vivaient les grands mammifères l'homme aurait pu exister. Cependant, rien ne nous autorise encore à le croire. Aucune découverte n'est encore venu jeter le jour sur cette question. S'il est probable du reste que si cette découverte est faite un jour, ce sera plus près du centre de création de l'homme, vers l'enceinte montagneuse de l'Asie.

Nous pouvons donc affirmer que l'homme a vécu avant la formation des terrains quaternaires, et probablement avant la formation du pliocène. Et comme nous le trouvons à ces époques déjà bien loin de son lieu d'origine, déjà alors il avait accompli des migrations.

Nous avons ensuite commencé l'examen de cette question des migrations. Nous avons vu qu'on les a déclarées impossibles. Il suffirait de s'en rapporter à l'histoire pour se convaincre du contraire. Cependant nous devons démontrer, par l'examen des conditions au sein desquelles se font ces migrations, qu'elles sont possibles, et c'est ce que nous avons fait dans notre dernière leçon pour ce qui concerne les migrations par terre. Nous avons à ce propos cité un exemple tout récent d'un voyage accompli à travers l'Asie par un peuple entier, malgré des obstacles naturels de toute nature et des ennemis nombreux. Cet exemple est la reproduction des grandes migrations qui ont peuplé l'Europe, et il ne faut pas perdre de vue que la civilisation plus avancée, le peuplement plus considérable des pays traversés, constituaient pour les Kalmoucks émigrants, des difficultés plus grandes que celles que rencontrèrent, dans leur marche en avant, les populations anciennes auxquelles la nature seule faisait obstacle.

Restent maintenant les migrations par mer.

Ici nous nous trouvons en face de difficultés réelles que nous allons examiner. Nous avons cité Vogt, qui déclare impossible le passage de l'homme de l'ancien continent en Amérique et en Polynésie. En citant ces deux exemples, il a évidemment choisi les migrations les plus difficiles. Donc, quand nous aurons démontré que le peuplement de ces deux contrées par voie de migration est possible, le problème tout entier sera résolu. Nous devons, pour arriver à ce résultat, envisager la question à un double point de vue, démontrer la possibilité absolue de ces migrations, indiquer des faits à l'appui de ce que l'on pourrait taxer de simple théorie.

Il y a trois ordres de circonstances qui peuvent empêcher ou favoriser les migrations : 1° les rapports géographiques; 2° les courants aériens ou les vents; 3° enfin les courants marins.

1. Et d'abord les rapports géographiques.— Les deux questions relatives à l'Amérique et à l'Océanie ont des points communs et des différences. L'Océanie est bien située entre l'Asie et l'Amérique, mais elle n'est réellement en rapport avec l'ancien continent que par un seul côté, l'Asie. L'Amérique au contraire par le Nord est très-voisine de l'Asie d'une part, de l'Europe de l'autre. Remarquons ici que les deux régions en discussion sont toutes deux géographiquement voisines de cette partie de la terre qui fut probablement le centre de création de l'homme.

En ce qui concerne l'Amérique, Buffon n'hésitait pas à croire que son peuplement par l'Asie avait été facile. Cependant à cet époque on connaissait fort peu le détroit de Behring. Aujourd'hui on sait qu'il n'a que vingt-deux lieues d'étendue, qu'il est coupé par les deux îles de Saint-Diomède dont l'une, la plus grande, est précisément à égale distance des deux continents, ce qui réduit la distance à onze lieues pour chaque bras de mer. Quand même ces îles n'existeraient pas, le passage d'un continent dans l'autre n'offrirait rien d'impossible, car chaque hiver les glaces les réunissent.

Plus au sud et en face l'une de l'autre se trouvent deux presqu'îles, le Kamchatka d'une part, l'Aliaska de l'autre, l'une en Asie, l'autre en Amérique : entre les deux sont jetées comme un pont les îles Aléoutiennes, qui réunissent tellement les deux continents, que d'après Pickering, il est fort difficile de dire où commence l'Amérique et où finit l'Asie. Il est d'ailleurs permis de supposer que la presqu'île d'Aliaska s'avançait, il y a peu de siècles, beaucoup plus avant, et que peut-être, bien qu'à une époque plus éloignée, les îles Aléoutiennes formaient un véritable pont continental dont la submersion postérieure aurait amené ensuite la formation des îles que l'on observe aujourd'hui.

Au premier abord il semble plus difficile d'établir les rapports de l'Océanie avec l'Asie : cependant ils sont indiqués par deux routes bien marquées. En partant de Malacca, et en allant vers les îles de la Sonde, on suit une route qui mène à la Nouvelle-Hollande, à la Nouvelle-Guinée et dans toute la Mélanésie. Ou bien nous pouvons partir de la Chine et de Formose, et passer successivement aux Philippines, aux îles

(1) Voy. les nos 33, 35, 37, 38, 40 et 41.

Digitized by Google

Palaos, Carolines, Gilbert : nous arrivons ainsi en Polynésie. Cependant nous n'atteignons pas les Sandwich au Nord et la Nouvelle-Zélande au Sud, dont le peuplement nous occupera plus tard particulièrement. — Voici donc deux routes bien tracées, de telle sorte, qu'étant donné un peuple navigateur, nous pouvons comprendre le peuplement de la Mélanésie et de la Polynésie. Pour en finir avec l'Océanie, constatons qu'aucune communication n'existe entre elle et l'Amérique; elle est de ce côté parfaitement isolée du continent.

Du côté de l'Europe, le peuplement de l'Amérique était encore facile : étant en Islande on est bientôt au Groënland.

Donc, les considérations géographiques loin de nous offrir des difficultés démontrent facile le peuplement de l'Amérique et de l'Océanie par l'Asie et par l'Europe. Il suffit qu'il existe sur les points indiqués un peuple navigateur.

II. Étudions maintenant les courants aériens ou les vents dans leurs rapports avec la possibilité des migrations par mer. Nous devons ici nous aider de la physique générale du globe. Nous nous servirons dans cette étude des cartes dressées par le capitaine de Kerallet pour guider les marins, et au seul point de vue de la navigation commerciale, c'est-à-dire en dehors d'idées se rapportant à la question actuelle. Nous nous aiderons aussi des travaux du commandant Maury qui, en indiquant les vraies routes à suivre, a rendu d'immenses services au commerce.

Il est inutile de rappeler ici pourquoi et comment il fait plus chaud à l'équateur qu'au pôle. Cette plus grande chaleur élève en ce point la température de l'air qui, par suite, monte dans les hauteurs de l'atmosphère. Il se produit ainsi un vide que l'air tend à combler des deux côtés de l'équateur. Le vide se faisant incessamment, le mouvement de l'air vers l'équateur est incessant aussi; c'est ce qui constitue les *vents alisés*. En arrivant à l'équateur, ces vents échauffés s'élèvent à leur tour; ils ne se rencontrent donc pas. La direction des vents alisés serait perpendiculaire à l'équateur si la terre était immobile : mais comme ce courant d'air arrive en retard sur le mouvement de la terre qui tourne de l'ouest à l'est, il prend une direction de l'est à l'ouest, et c'est pour cette raison que les vents alisés soufflent dans le nord du nord-est au sud-ouest, et dans le sud du sud-est au nord-ouest. Ce sont eux surtout qu'on a considérés comme opposant aux migrations d'Asie en Polynésie un obstacle insurmontable.

Nous avons dit que les alisés s'élevant vers l'équateur ne se rencontrent pas. Il y a donc entre eux une zone bornée de chaque côté par le point où a lieu ce mouvement ascendant : c'est la zone des calmes ou des vents variables, appelés *Cloud-Ring* ou anneau de nuage, parce que l'air y est chargé de vapeurs condensées.

Au delà des vents alisés vient la *région des vents généraux*. Mais celle-ci est séparée des vents alisés par une région intermédiaire analogue au *Cloud-Ring*. Cette région intermédiaire a aussi des calmes et des vents variables; redoutée des marins, elle a reçu le nom de *région des chevaux*, car on fut souvent obligé de tuer ces animaux pour s'en nourrir pendant les calmes fréquents dans ces mers.

Voilà donc un système formé de cinq zones bien distinctes. Chacune d'elles est considérable : le cloud-ring mesure 5 degrés; les alisés partent du 30e degré, mais les alisés du nord s'arrêtent à 9 degrés, les alisés du sud passent l'équateur et atteignent 4 degrés nord. Le système tout entier embrasse plus de 80 degrés. Mais les changements de saisons correspondant à l'inclinaison de l'axe terrestre sur le plan de l'écliptique, amènent le transport de toute cette masse du sud au nord et du nord au sud; le cloud-ring se transporte de 5 degrés sud à 15 degrés nord. De ces mouvements résultent dans la direction des vents des alternatives dont un peuple navigateur saura profiter.

Ces changements ne sont pas les seuls. Tous les ans les vents alisés se trouvent renversés, et ce phénomène constitue les *moussons*. Les moussons ont une durée variable. Dans l'Océan Indien les alisés et les moussons soufflent alternativement pendant six mois. Cette régularité ne se rencontre plus dans l'Océan Pacifique, mais la zone des moussons va parfois dans cette région jusqu'aux Sandwich et Tahiti.

Ainsi les moussons et les autres vents soumettent la mer à des mouvements réguliers. Mais cette régularité n'exclut pas les mouvements inattendus, les tempêtes et les *typhons*, qui jettent les navigateurs loin de leur route, les disséminent dans toutes les directions. Et ainsi, aux migrations volontaires il faut joindre les migrations involontaires qui ont dû jouer un grand rôle dans le peuplement du globe.

L. Hallez.

— La suite au prochain numéro. —

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*Devant paraître la semaine prochaine :*

CL. BERNARD. Leçons sur les propriétés des tissus vivants faites à la Sorbonne pendant l'année 1864, rédigées par M. Émile Alglave. 1 vol. in-8, avec 94 figures dans le texte. 8 fr.

LONGET. Mouvement circulaire de la matière dans les trois règnes, grands tableaux de physiologie, cartonnés, avec figures coloriées. 7 fr.

*Récentes publications :*

De la physionomie et de la parole, par M. Albert Lemoine. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

Histoire des idées morales et politiques en France au XVIIIe siècle, par M. Jules Barni, professeur à l'Académie de Genève. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. 3 fr. 50

Philosophie de l'art, par M. H. Taine. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

Philosophie de la raison pure, par M. Schœbel. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. 2 fr. 50

La Science et les savants en 1865 (premier semestre), par M. Victor Meunier. 1 vol. in-18 de 360 pages. 3 fr. 50

Éléments de pathologie interne et de thérapeutique, par Niemeyer, professeur de pathologie à l'Université de Tubingue, traduction de l'allemand par MM. les docteurs L. Culmann et Ch. Sengel (de Forbach), revue et annotée par M. le docteur V. Cornil, précédée d'une introduction par M. le professeur Béhier. Tome Ier, 1 vol. gr. in-8 de 900 pages. 9 fr.

Traité des champignons au point de vue botanique, alimentaire et toxicologique, orné de plus de 100 figures, par M. l'abbé Morel. 1 vol. in-18. 4 fr.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 43. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 23 SEPTEMBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

UNIVERSITÉ DE ZURICH. — **Physiologie.** — Cours de **M. Moleschott** : Vie et lumière. — Appréciation de la leçon de M. Moleschott, par M. BUCHNER.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : Migrations polynésiennes.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : L'acide sulfurique.

---

Paris, 22 septembre 1865.

M. Victor Meunier a fait lundi 11 septembre, à l'Académie des sciences, une seconde communication relative aux générations spontanées. Une macération, formée de haricots cuits et de trois moitiés d'écrevisses également cuites et placée dans un ballon de verre ne communiquant avec l'atmosphère que par des tubes plusieurs fois recourbés, lui a fourni, au bout de trente-deux jours, une grande quantité de monades et de bactéries, mais sans aucun microphyte. Il conclut de ce fait que le développement des protophytes ne doit pas nécessairement précéder celui des protozoaires, sinon dans la nature libre, au moins dans des macérations artificielles où les infusoires animaux trouvent d'abondants matériaux nutritifs. Quant à la doctrine des générations spontanées, M. Victor Meunier fait remarquer que ses défenseurs actuels ne prétendent pas établir la formation de toutes pièces d'animalcules microscopiques au milieu des infusions, mais simplement la production spontanée dans le sein de ces infusions d'ovules et de spores, qui suivent ensuite les lois ordinaires du développement organique. Pour démontrer l'inanité de l'hétérogénie, il ne suffirait donc pas aux panspermistes d'établir que, lorsque des infusoires se développent, il y a toujours eu des germes apportés par l'air atmosphérique ou par une autre voie, il leur faudrait encore montrer que ces germes proviennent tous de la génération ordinaire, et qu'aucun d'eux ne s'est développé par génération spontanée ou hétérogénie au sein des marais et d'autres lieux formant comme de vastes infusions naturelles où se décomposent une immense quantité de matières organiques.

M. Lartet a écrit à M. Milne Edwards une lettre relative à une découverte intéressante qu'il vient de faire. Il s'agit d'une lame d'ivoire fossile portant une sorte de dessin grossièrement exécuté dans lequel M. le docteur Falconer, qui assistait également aux fouilles, a reconnu la représentation de l'éléphant à longue crinière ou mammouth qui habitait l'Europe pendant la période glacière. Dans la séance précédente, M. Vibraye avait également présenté des ossements fossiles qui paraissaient bien présenter des dessins dus à la main de l'homme. Les preuves arrivent donc de toutes parts en faveur de l'antiquité de l'homme, et les vieilles croyances à cet égard finiront bientôt sans doute par disparaître.

M. d'Archiac a analysé une intéressante brochure de M. Garigou, dans laquelle l'auteur résume les résultats de ses recherches, principalement dans les cavernes à ossements du département de l'Ariége. Il a été conduit à diviser ces cavernes en trois séries, suivant leur élévation au-dessus du sol de la vallée. A 150 ou 200 mètres et au delà, on trouve dans ces cavernes des ossements de l'*Ursus spelæus* et des autres animaux qui l'accompagnent d'ordinaire : *Elephas primigenius*, *Hyena spelæa*, etc. Au-dessous de 150 mètres, on rencontre une faune tout à fait différente, caractérisée par le renne, qui habitait alors toute l'Europe. Enfin les ossements ramassés dans



Digitized by Google

le fond de la vallée appartiennent aux espèces domestiques qui peuplent encore notre pays, et l'on y trouve en même temps, comme produits de l'industrie humaine, des haches polies qui caractérisent cette période. En fouillant dans le sol d'une caverne, on peut également retrouver ces trois séries de dépôts fossiles, mais en ordre inverse bien entendu, c'est-à-dire d'abord les ossements des animaux domestiques actuels, avec des haches polies; puis, au-dessous, les débris de rennes, et enfin les restes d'*Ursus spelæus*, d'*Elephas primigenius*, etc., avec des armes et des ustensiles plus rudimentaires. Ces recherches conduisent donc à distinguer trois faunes nettement définies se succédant sur notre sol et correspondant à des périodes parallèles dans le développement de la civilisation humaine.

M. Velpeau a présenté, au nom de MM. Leplat et Jaillard, agrégés au Val-de-Grâce, une nouvelle note sur le sang de rate ou maladie charbonneuse. On se souvient que M. Davaine affirme la présence constante des bactéridies dans le sang des animaux véritablement atteints du charbon, et attribue le développement de la maladie à l'influence de ces petits animalcules. MM. Leplat et Jaillard admettent que le sang charbonneux peut contenir des bactéridies dans des conditions particulières, et notamment un certain temps après la mort de l'animal. Mais ils contestent que la présence de ces animalcules dans le sang charbonneux soit constante; qu'elle existe dès l'origine de la maladie, et qu'elle soit la cause de son développement. Ils seraient plus portés à y voir une conséquence de l'altération ou de la décomposition des matières organiques par suite des lésions et des troubles occasionnés dans l'organisme par la pustule maligne. Leur conclusion est que le charbon doit être considéré comme une affection virulente et non comme une simple affection septique, ainsi que le voudrait M. Davaine.

E. Alglave.

---

## UNIVERSITÉ DE ZURICH.

## PHYSIOLOGIE.

### COURS DE M. J. MOLESCHOTT.

#### Vie et lumière (1).

Tout ce qui respire et se meut sur la terre tient sa vie de la lumière du soleil. Rien n'est plus facile que de faire ressortir la nature de cette espèce de génération.

Il n'est besoin pour cela ni des ingénieuses expériences des naturalistes, ni même de ces observations en plein air auxquelles on a l'habitude de convier les curieux lorsqu'on leur soupçonne quelque antipathie pour le laboratoire.

Exposez à la lumière un vase de verre incolore et plein d'eau de source. Laissez-le reposer jusqu'à ce que le fond en soit devenu vert. Cette couche verdâtre, qui s'est développée au fond de l'eau, est composée de petits végétaux et de petits animaux appartenant les uns et les autres aux espèces de la plus ultime exiguïté. Les premiers sont des infusoires végétaux (*conferves*), et les seconds des infusoires animaux (*Euglena viridis*; *Chlamidomonas pulvisculus*). Les germes qui donnent naissance à tous ces êtres simples, ne se développent que sous l'influence de la lumière. Si un vase plein d'eau et placé dans les mêmes conditions reste exposé dans un endroit obscur, les germes subsistent sans manifester le moindre brin de vie. Priestley, en rendant compte de la production de cette *vase verte*, fit connaître le moyen de déterminer, dans un simple verre d'eau, la formation d'un petit monde. Mais, quoique la plante et l'animal aient chacun dans ce petit monde une existence particulière et distincte, la différence qui sépare ces deux groupes fondamentaux d'êtres naturels, n'est cependant pas très-prononcée. Car les organismes inférieurs qui nous représentent la vie animale dans la couche de Priestley, doivent leur couleur à la même matière qui rend si éclatantes les prairies et les forêts. L'un de ces petits animaux, appartenant à la famille des *Euglena*, renferme des granules blanchâtres, composés d'une espèce de fécule, qui ne se rencontre d'ordinaire que dans les plantes, tandis qu'un autre, qui est une *monade*, jouit de la propriété d'exhaler une quantité considérable d'oxygène. Et l'on sait qu'on peut apprécier, d'après le dégagement de l'oxygène, le degré d'intensité avec lequel se produit la nutrition, sous l'influence de la lumière, dans les parties vertes des végétaux.

On le voit, au plus bas degré où la vie puisse apparaître chez les plantes et chez les animaux, il y a entre ces deux groupes d'êtres une telle ressemblance de forme et une telle conformité quant à la nutrition, à la respiration et à la reproduction qu'il faut une observation très-délicate pour apercevoir les nuances qui séparent la plante de l'animal. Plus tard, ce n'est guère que le développement extérieur produit par des bourgeons, ou le développement intérieur effectué par des organes spéciaux qui décide si l'on a affaire à la première ou au second.

Les plus petits infusoires animaux vivants dans la couche de Priestley sont à peine aussi longs que le diamètre d'un fil de cocon fraîchement sécrété. Mais quelque petits que soient ces êtres, ces monades, ils ont une part manifeste dans les métamorphoses de cet air vital, sans lequel se trouveraient paralysées les plus nobles facultés humaines aussi bien que les mouvements du plus infime mollusque.

En effet, si l'on retourne un verre d'eau, dans lequel se développe la couche de Priestley, et si on l'applique par son ouverture sur une surface exposée à la lumière, on verra des bulles de gaz s'accumuler à la partie supérieure du verre. Si les conditions sont favorables, la quantité d'oxygène produite au bout d'une semaine sera telle, qu'elle suffira pour rallumer, avec une flamme brillante, un morceau de bois ne présentant plus que quelques points en ignition.

Dans ce simple vase, nous avons constaté une répétition des phénomènes du monde végétal et de la vie des animaux.

---

(1) *Licht und Leben*.— Discours d'inauguration prononcé le 21 juin 1856 à Zurich. — Malgré sa date déjà un peu reculée, nous avons cru devoir publier cette leçon, qui n'avait pas encore été traduite en français, à cause de sa grande importance et du retentissement considérable qu'elle a eu dans toute l'Europe. Depuis cette époque, M. Moleschott est devenu professeur de physiologie expérimentale à l'Université de Turin, et nous avons déjà publié trois leçons faites par lui dans cette nouvelle chaire (Première année, pages 73, 337, 565, 588, 605.

Digitized by Google

Ce dégagement d'oxygène, qui n'a lieu qu'à la lumière, prouve bien que la plante travaille à la transformation de l'air atmosphérique en substance organisée.

Si l'on excepte quelques acides organiques quela plante enlève à l'humus sous forme de sels ammoniacaux, et qui contribuent pour une assez forte part au développement des forêts et des champs, il est évident que la nourriture principale des plantes se trouve dans l'acide carbonique, l'eau et l'ammoniaque de l'air. Si nous examinons un arbre, nous y trouvons une foule de matières organiques privées d'azote, cellulose, substances amylacées, cire, etc., dont on ne peut expliquer la présence que par l'eau et l'acide carbonique.

Toutes ces matières ne peuvent d'ailleurs provenir de l'eau et de l'acide carbonique qu'à la condition que chacun de ces deux corps subira une perte d'oxygène. Lorsque la cellulose, qui constitue en majeure partie les cellules des plantes se forme d'eau et d'acide carbonique, il faut que ces derniers dégagent un poids d'oxygène au moins équivalent au poids de la cellulose formée. Plus de la moitié du poids de la cellulose se compose du carbone de l'acide, et de l'hydrogène de l'eau.

La nutrition de la plante ne se fait donc qu'avec perte d'oxygène, et cette perte ne se peut accomplir qu'à la lumière. Cette désoxydation produit l'organisation de l'atmosphère, et lui donne en même temps l'élément indispensable pour la vie des animaux, parce que l'oxygène dégagé retourne dans l'atmosphère.

L'histoire de la découverte de ces relations entre l'atmosphère et les végétaux, peut se résumer d'une façon rapide et intéressante. Il y a environ cent ans, tout ce que l'on savait en cet ordre de choses, c'est que la végétation donne lieu à un gaz particulier. Bonnet, du moins, avait remarqué cela en 1754. Priestley reconnut plus tard que le gaz dégagé par la végétation entretient la combustion. Dans le courant de l'été de 1771, il laissa brûler une bougie dans un espace clos, jusqu'à ce que la lumière fût éteinte. Il introduisit alors dans cet espace les parties vertes d'une plante fraîche, et l'air se purifia en dix jours au point que l'on put de nouveau y allumer la bougie. C'est de la sorte que fut observée pour la première fois la propriété la plus importante de l'oxygène, pour ainsi dire isolée, et c'est à partir de ce moment que Priestley entrevit l'immense découverte de ce corps, grâce à laquelle il contribua, trois ans plus tard, et pour une part si considérable, à la création de la chimie, cette branche si éminemment féconde de la philosophie naturelle.

Cependant, l'ensemble de ces recherches n'avança qu'avec lenteur. Il y avait quinze ans qu'il était reconnu que les parties vertes des plantes donnent naissance à un gaz propre à la combustion, quand Ingenhousz ajouta que l'oxygène n'est dégagé que dans le cas où ces parties sont exposées à la lumière du soleil. Mais d'où provient cet oxygène qui va répandre la condition de la vie dans l'atmosphère? Ni Ingenhousz, ni Priestley n'avaient résolu cette question. Dix ans après seulement, parut le travail de Senebier, relatif à l'influence de la lumière solaire sur le développement des plantes, lequel enrichit la science de cette vérité très-simple : que la lumière solaire donne aux feuilles la propriété de retenir en elles l'acide carbonique contenu dans l'air, puis d'en séparer le gaz propre à entretenir la vie ou l'oxygène. On connaissait ainsi les propriétés de la substance nutritive empruntée par la plante à l'air, celles du produit rendu à l'atmosphère, et enfin les conditions essentielles et nécessaires de cette opération. Restait à savoir, pour satisfaire entièrement la curiosité humaine, le rapport des volumes de l'acide carbonique absorbé et de l'oxygène exhalé.

Cette élaboration progressive et régulière de découvertes, se prolongea ainsi du milieu du XVIII^e siècle au commencement du XIX^e. Avec les ressources que nous possédons aujourd'hui, combien plus vite eût-elle été accomplie!

C'est à Théodore de Saussure que revient l'honneur d'avoir résolu ce problème, qui embarrassait encore les savants. Il démontra que la plante absorbe en volume et en poids plus d'acide carbonique qu'elle ne dégage d'oxygène, ce qui couronna et affermit la doctrine de Senebier. Dans l'étude des métamorphoses de la matière, les rapports numériques sont l'expression absolue des rapports fonctionnels de la substance active.

Deux âges d'homme ont ainsi été employés à découvrir la vérité capitale qui est le fondement de la doctrine de l'équilibre entre la vie végétale et la vie animale. Toutefois, cette longue recherche n'en a pas moins cheminé activement, et n'en a pas moins amené les résultats les plus féconds et les plus inattendus. La découverte de l'oxygène en a été la conséquence la plus immédiate; mais toutes les opérations chimiques dues à l'influence de la lumière, depuis la coloration du chlorure d'argent jusqu'à l'art de transmettre aux confins de l'espace et du temps la figure humaine gravée par le soleil, découlent en ligne directe des recherches qui ont immortalisé le nom de Senebier.

Quand Senebier eut prouvé, par des expériences où il exposait les plantes à l'action de la chaleur en les soustrayant à celle de la lumière, que la chaleur seule est incapable d'aider à la décomposition de l'acide carbonique, plusieurs savants de l'époque arrivèrent à résoudre le problème des relations de l'intensité de la lumière avec l'activité du dégagement de l'oxygène des parties vertes des plantes.

Les rayons qui résultent de la décomposition de la lumière solaire au moyen du prisme n'ont pas tous la même réfrangibilité ni la même action sur les corps. Il y a un certain nombre de ces rayons qui ne font aucune impression sur notre rétine. Quant au résultat de cette décomposition par le prisme, on observe que les rayons rouges sont les moins réfrangibles, et les violets les plus réfrangibles. Il y a encore des rayons situés près des violets, que notre œil ne peut apercevoir, mais qu'on reconnaît aux effets chimiques qu'ils produisent, effets identiques avec ceux des rayons violets. On sait, en effet, que le chlorure d'argent noircit rapidement sous l'influence de ces derniers, tandis que les rayons jaunes et rouges ne déterminent aucune coloration de ce corps. D'autre part, il y a des rayons moins réfrangibles que les rayons rouges, et qui ne sont pas non plus sensibles à l'œil, mais qui influent sur le thermomètre. On les nomme pour cette raison *rayons calorifiques*.

Draper, une des gloires scientifiques de l'Amérique, a prouvé par des expériences délicates que la décomposition de l'acide carbonique par les plantes, ne se produit que sous l'influence des rayons lumineux. Il ne put agir sur la nutrition des plantes, ni avec les rayons chimiques, ni avec les rayons calorifiques. Aussi, lorsqu'un nuage voile le soleil, le dégagement de l'oxygène des plantes se ralentit. Bien plus, lorsque la lumière solaire vient à manquer totalement, les phénomènes s'accomplissent d'après une loi qui est l'inverse de la loi diurne, c'est-à-dire que, pendant la nuit et les éclipses de soleil, les plantes

Digitized by Google

aspirent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique. Pendant le crépuscule, le dégagement d'oxygène est déjà moindre que dans l'ombre, c'est-à-dire que les parties vertes des plantes exercent leurs fonctions avec moins d'énergie. Les fruits verts se comportent dans l'obscurité comme les feuilles vertes.

Cette influence réciproque de l'atmosphère et du règne végétal, se démontre d'une manière fort intéressante par la façon dont la plante meurt de faim, lorsqu'elle est soumise à l'action de la lumière dans un espace limité. Le jour, elle absorbe l'acide carbonique qu'elle-même exhalait pendant la nuit, et la nuit elle absorbe de l'oxygène pour exhaler de l'acide carbonique, qui sera de nouveau décomposé par la lumière le jour suivant. La plante affamée se consume elle-même en quelque sorte comme les animaux. Ces derniers, lorsqu'ils sont privés d'aliments, excrètent et sécrètent, sinon en quantité, du moins en qualité, exactement comme les carnivores, parce que, dans ce cas, leur sang se nourrit de chair. La plante, pour vivre dans un espace limité, use aussi son propre corps, mais elle le fait par voie indirecte, car elle dégage la nuit, à plusieurs reprises, de l'acide carbonique, qu'elle décompose de nouveau durant la journée. Ce sont les excrétions elles-mêmes que la plante absorbe dans les parties vertes, qui, alors, végètent misérablement; enfin, l'accroissement s'arrête, et la vie s'éteint en même temps que cette fonction essentielle du règne végétal. L'accroissement, sous l'influence de la lumière, n'est possible qu'à l'air libre. Sans cette condition, l'animal étouffe et la plante meurt de faim. La chaleur ne peut ici remplacer la lumière. Par l'influence de la lumière, les nuits resplendissantes des régions polaires mûrissent en peu de temps les moissons, tandis que plusieurs journées de notre chaleur estivale sont loin d'y suffire.

Fleurs, feuilles et fruits sont donc des êtres tissés d'air par la lumière. Lorsque nous contemplons leurs éclatantes couleurs, et que de doux parfums font naître une satisfaction sereine dans l'âme poétique qui sommeille intérieurement chez tous les hommes, c'est encore la lumière qui est la mère de la couleur et du parfum.

Dans une cave obscure, les plantes deviennent chlorotiques, car la coloration verte ne se développe qu'à la lumière. En outre, comme le vert des feuilles est toujours accompagné d'une cire, pauvre en oxygène, on peut admettre l'explication de Mulder, qui dit que les plantes exhalent de l'oxygène, non parce qu'elles sont vertes, mais pour devenir vertes, tandis que les huiles essentielles, considérées comme productrices de parfum, se forment par une oxydation considérable. L'affinité de ces huiles pour l'oxygène augmente à la lumière. C'est pourquoi Schœnbein déduit avec raison des différents états lumineux de l'atmosphère, le degré d'intensité avec lequel un jardin en fleur doit impressionner notre odorat. Mainte plante qui parfume l'air pendant le jour perd son odeur dans l'obscurité.

Les plantes sont donc des centres de vie. Elles sont colorées et parfumées, mais elles ne le sont que grâce à la lumière dont l'intensité croissante rend plus vive l'action permanente de l'air sur les champs, les prairies et les forêts. Mais ce sont les animaux qui produisent une partie de l'air que les plantes condensent. Le champ insolé sur lequel croît du blé nous nourrit. En traversant une forêt, nous la nourrissons de l'acide carbonique que nous exhalons.

La respiration nocturne des animaux, ne diffère de leur respiration diurne que par le degré, mais non par le mode de production. La quantité d'acide carbonique expiré diminue pendant la nuit. Il n'y a pas chez les animaux, entre la vie diurne et la vie nocturne, l'opposition essentielle qu'on remarque chez les végétaux. Quant à la cause de cette diminution d'acide carbonique, il ne faut point la chercher dans le sommeil, car l'homme rejette en dormant une quantité plus considérable d'acide carbonique qu'en se reposant sans dormir, toutes choses égales d'ailleurs. La différence entre la respiration animale diurne et nocturne, ne peut donc trouver son explication dans l'état particulier de sommeil ou de veille, mais seulement dans les antithèses lumière et obscurité, travail et repos.

La lumière a toujours été considérée comme la condition indispensable d'une saine habitation. On reprocha aux logements mal éclairés de rendre les hommes pâles et bouffis; mais ces logements sont, en outre, généralement froids, humides, et remplis d'émanations funestes. C'est tout récemment que l'on a tenté de déterminer l'influence du manque de lumière, puis du degré de chaleur et d'humidité sur l'homme, afin d'expliquer comment ceux qui vivent dans les sombres maisons des ruelles étroites, n'y peuvent prospérer, pas plus que la plante dans une cave obscure. Pour résoudre le problème, il n'y avait qu'à faire varier l'une des conditions auxquelles la vie animale est soumise, la lumière, par exemple. Dans ce dernier cas, et, toutes choses étant égales d'ailleurs, on pourra conclure à l'influence de la lumière, si la vie n'est pas la même dans la lumière et dans l'obscurité, et si la différence croît avec l'intensité lumineuse.

Lorsqu'à température égale, et dans un milieu du reste identique, on fait respirer des grenouilles alternativement à la lumière et dans l'obscurité, on trouve que, pendant le même temps, et pour la même unité de poids, elles fournissent bien moins d'acide carbonique dans le second cas que dans le premier. Les grenouilles vertes exhalent à la lumière une quantité d'acide carbonique qui, toutes proportions gardées, n'est que le tiers de celle qui est rejetée par l'homme; dans l'obscurité, au lieu d'un tiers, c'est quelquefois moins d'un quart. Cette différence, que j'ai constatée au moyen de longues expériences, soit sur les mêmes individus, soit sur des individus différents, mais aussi semblables que possible, est déjà, ce me semble, suffisamment évidente. Pourtant, je voulus rechercher si le phénomène, effet d'une condition unique et variable à volonté, croissait en même temps que la condition. C'est pourquoi je fis plus de quatre-vingt-dix expériences, dans lesquelles je mesurai l'intensité lumineuse d'après le noircissement d'un morceau de papier imbibé d'une solution ammoniacale de chlorure d'argent. Le noircissement déterminé par la lumière dans un temps donné était mis en regard d'une échelle de comparaison habilement confectionnée. Je partageai alors mes observations en deux groupes, dont l'un se rapportait aux degrés inférieurs, l'autre aux degrés supérieurs de l'échelle comparative. Il me fut ainsi donné de constater : 1° Que sous l'influence d'une vive lumière, la quantité d'acide carbonique dégagé est d'un cinquième plus considérable qu'à la lumière faible; 2° que les grenouilles se comportent de la même manière dans l'obscurité et pendant le jour lorsque le soleil est couvert de nuages, précisément comme les plantes décomposent plus lentement l'acide carbonique qu'elles ont absorbé, lorsque le ciel est couvert.

Digitized by Google

Toutes choses étant aussi égales que possible, chaleur, pression, genre et sexe des animaux, nourriture, période de captivité, etc., la quantité d'acide carbonique exhalé augmente avec l'intensité lumineuse et atteint sa limite inférieure dans l'obscurité complète. Ce qui revient à dire que la lumière du soleil accélère le travail moléculaire chez les animaux. On l'entrevoyait depuis longtemps, en se fondant sur l'expérience journalière. Le laboureur n'est pas guidé par un caprice stupide, ni par son bon plaisir, quand il entoure de fenêtres petites et basses les étables du bétail qu'il engraisse. L'engraissement se fait mieux dans le clair-obscur de ces prisons, parce que la graisse s'y accumule. Le fait de la diminution de l'acide carbonique expiré est la preuve du calcul qui a sagement guidé le fermier dans cette économie. Les mêmes raisons conduisent à enfermer de préférence dans des caves noires les oies qu'on veut engraisser, car l'obscurité s'y joint au repos pour déterminer l'amas d'une quantité considérable de graisse dans le corps. Les plus nobles fonctions de la vie ne profitent pas, il est vrai, de ces économies. Le ralentissement du travail de rénovation moléculaire s'accompagne bientôt d'un émoussement des nerfs, et cet émoussement est dans un tel rapport avec cette rénovation lente, que bientôt il devient impossible de distinguer si c'est la faiblesse nerveuse qui détermine l'engraissement, ou si c'est la rénovation trop lente qui détermine la faiblesse. Des grenouilles placées dans l'obscurité et comparées à des grenouilles aussi égales que possible, exposées à la lumière, présentent une activité nerveuse et musculaire beaucoup moindre, si l'on s'en rapporte aux divers procédés employés pour mesurer cette activité. Guillaume Marmé de Neuwied, un de mes disciples les plus distingués, a fait avec moi plus de cinq cents expériences de ce genre sur des grenouilles.

Qui n'aurait pas prévu spontanément ce que vient de nous démontrer l'examen direct et analytique d'un phénomène naturel? Que de fois la pensée, qui restait enchaînée et muette à la sombre lumière d'un cierge, se dégage et s'anime le soir dans une salle éblouissante de clarté? Qui n'est heureux, après avoir supporté l'accablante chaleur et la lumière excitante du soleil, de se trouver dans un clair-obscur bien frais, où l'on éprouve un calme voluptueux dans l'ombre? N'avez-vous jamais maudit la clarté de la lune, pourtant si poétique, lorsqu'elle argente les bois et les vallons, parce que l'importun satellite combat le besoin du sommeil si nécessaire à nos cerveaux fatigués?

A chaque pas que l'on fait dans la voie des sciences naturelles, on aperçoit davantage le rôle de la fatalité dans notre courte et mobile existence! A peine le voile qui cachait les relations de la lumière avec les conditions de la vie humaine est-il levé, qu'aussitôt nous sommes frappés de mille relations et de mille métamorphoses qui surgissent de là. Si la lumière exerce une si profonde influence sur tout l'ensemble de la nature, c'est parce qu'elle détermine un flux et un reflux continuel dans l'échange des atomes qui ne connaît point de trêve.

Quand notre cerveau est en pleine santé et en pleine clairvoyance, il se préserve, sans doute, aisément de l'ivresse. Mais nul ne peut éviter les fâcheuses dispositions que nous inspire un printemps sombre et pluvieux, de même que nul, s'il a un peu d'élévation dans les idées, ne résiste à l'élan vigoureux que provoque une journée radieuse où tout fleurit, où tout étincelle comme une rosée d'or, où tout est embaumé, où tout résonne d'harmonie! D'où vient cependant que tant d'individus protestent contre ce fait de notre corrélation avec les phénomènes ambiants? C'est que bien peu d'hommes connaissent cette maxime, supérieurement vraie, de Spinoza : « La liberté dont chacun se vante consiste en ce fait que les hommes ont conscience de leur volonté, sans même le plus souvent se douter de la cause qui la détermine. » Le savant le plus doux et le plus réservé, absorbé outre mesure par de longues et pénibles méditations, n'est plus maître de sa volonté, et le moindre dérangement suffira pour le conduire à des expressions violentes ou même à des actions répréhensibles. Heureusement que, d'ordinaire, il acquiert l'expérience nécessaire pour prévenir ces tensions d'esprit fâcheuses, qui ne restent pas plus impunies que les autres transgressions des lois de notre nature, car toutes ces transgressions sont des atteintes à la noble mesure de la beauté morale.

Écoutez la magique formule d'une des femmes les plus intelligentes de l'Allemagne : « La conscience, dit Rahel, est libre, mais non la volonté. Là réside la confusion. Les exigences de notre volonté sont pour ainsi dire en nous, et la volonté n'est guère qu'une bride qu'on peut tirer de côté et d'autre. C'est notre conscience qui imagine le libre assentiment à la force, le libre consentement à la nécessité. C'est ainsi que la liberté ne réside que dans la conscience. » Forster avait déjà dit en termes plus profonds : « Les plus sages aperçoivent tout au plus la manière dont la nécessité les conduit, et s'en contentent. » Cette remarque essentielle doit diriger notre conscience et devenir le principe de l'éducation. Harmoniser autant que possible les tendances de notre sentiment avec les exigences de la loi naturelle, est absolument du ressort de notre volonté. Tous ceux-là le savent qui, connaissant l'humanité, essayent en leur foi naïve de personnifier la loi pour l'offrir aux adorations humaines; et ils le savent aussi bien que les esprits calmes et scientifiques dont les convictions se sont formées lentement et graduellement par une suite de méditations sur les décrets de l'immuable nécessité. Et certes, ces derniers n'en sont pas moins convaincus que les premiers, parce qu'ils considèrent l'homme, non comme un être lancé au hasard, mais comme un phénomène naturel uni à la terre aussi bien que la plante, et, de même que la plante, se nourrissant, grandissant, vivant et mourant sous l'influence de la chaleur et de la lumière.

L'histoire ne nous apprend guère avec quelles armes il faut combattre une doctrine opposée aux doctrines acceptées. Anaxagore fut accusé d'impiété et expulsé d'Athènes, parce qu'il voulait qu'on regardât le soleil et les astres comme des systèmes matériels. Ceux qui se font aujourd'hui les juges de l'hérésie, ne sont guère plus tolérants. En vérité, devons-nous supporter que des savants de parade viennent devant une assemblée de courtisans éhontés, flétrir de l'épithète de *négateurs de l'esprit* toute une pléiade de penseurs, parce que ces penseurs se permettent d'affirmer l'esprit comme une propriété nécessairement, et indissolublement liée à l'organisme de l'homme. Personne, que je sache, n'a pourtant prétendu dans Athènes qu'Anaxagore niât le soleil et les astres, parce qu'il les considérait comme des corps incandescents. Seuls, les adversaires de la théorie *naturelle* de l'homme sont si aveuglés par l'habitude qu'ils ont prise de séparer la force de la matière, qu'ils ne sont pas capables de considérer l'une de ces catégories comme l'envers de l'autre. Ils ne croient pas qu'on puisse être ni visionnaire, ni casseur de pierres, parce

Digitized by Google

qu'ils ont arrêté une fois pour toutes que la pierre n'est qu'une pierre obéissant à la pesanteur, et que le génie est un sylphe se promenant invisible à travers les airs. Pour eux, le poëte s'est trompé quand il a dit : « La nature n'est ni amande, ni coquille : elle est tout à la fois. » Et cela n'est pas un blâme; c'est une justification : car si les spiritualistes avaient la notion de l'unité organique, et osaient en même temps reprocher à leurs adversaires la négation de l'esprit, non-seulement ils commettraient une erreur profonde, mais encore ils se rendraient coupables d'une calomnie infâme.

La conscience de l'esprit est une propriété du cerveau. L'esprit est aussi réel pour celui qui, n'ayant jamais vu de pensée sans cerveau, croit que le cerveau est indispensable à la pensée, que pour celui dont l'imagination prétend séparer la faculté de penser et la rendre indépendante des organes corporels. L'esprit et l'homme, la force et la matière, ne sont que des manières diverses de voir un même objet. Le mot de *matérialisme* n'a sa raison d'être que dans le cas particulier où l'on a besoin de marquer que cette doctrine envisage toujours la force en concomitance indissoluble avec la matière, et toujours la matière en concomitance indissoluble avec la force. Les matérialistes disent comme Faust : « Dans le principe, il y avait le fait. » En spéculant sur l'esprit et sur la vie, ils ne perdent pas de vue la matière, parce qu'ils peuvent, non-seulement voir de leurs yeux et toucher de leurs mains ses métamorphoses, mais encore les mesurer alors que les forces qui déterminent l'universel mouvement sont en équilibre et cachent leur activité sous le voile du repos. Ils ne renoncent point pour cela à considérer les forces comme une sorte de *processus* indéfini de la matière, ni à regarder l'homme matériel comme un être pensant se développant graduellement. Il existe pour eux une unité fatale qui rive les deux manifestations phénoménales à la même réalité et ils ne regardent point cet acte comme un effet du hasard ou de la Providence.

C'est une erreur grossière et pourtant commise souvent et partout d'attribuer à l'école naturaliste la prétention d'expliquer l'esprit ou la vie par cette fusion intime de la matière et de la force. L'identification de l'esprit avec le corps n'est pas une explication; c'est un fait, ni plus ni moins simple, ni plus ni moins mystérieux que tout autre fait dont la réalité nous est démontrée par les sens.

La force d'attraction qui s'exerce entre les masses matérielles, les physiciens la nomment *pesanteur*. Mais aucun de ceux qui réfléchissent, même parmi les savants qui ont l'habitude de recourir aux théories les plus subtiles, aucun ne prétend expliquer cette gravitation au moyen de distinctions entre elle et la matière. Il la constate comme une propriété immanente, comme un fait sur lequel il est inutile de spéculer. De même les dissertations sur la force et la matière ne rendent pas compte de l'unité organique de la nature, car il est impossible d'admettre que dans un objet indivisible une propriété donnée se soit développée sous l'influence d'une autre.

Personne n'a jamais voulu *déduire* l'esprit de la matière, et nous ne tomberons pas dans cette erreur, nous qui combattons les insoutenables théories de la force avant la matière, de la volonté avant l'existence, ou des corps formés par les idées. Il n'y a que les propriétés homogènes qui peuvent se déduire l'une de l'autre ou se comprendre l'une par l'autre. La force et la matière, l'esprit et l'homme, les lois et l'univers ont été, sont et seront, toujours ensemble des manifestations variées de la même unité nécessaire, manifestations corrélatives, sortant du mouvement et provoquant le mouvement. Mais l'homme vit dans une singulière servitude. Il lui est presque impossible de se débarrasser des souvenirs de son enfance. Ce n'est qu'avec la plus grande peine que nous réussissons à nous défaire de l'idée introduite en nous durant l'enfance, à la vue d'un cheval traînant un chariot. Nous avons négligé dans le premier la matière, et dans le second la force.

On se dispenserait des explications animées sur le matérialisme, si un grand nombre de poëtes et de littérateurs, bien intentionnés du reste, n'avaient pas fondé des espérances exagérées sur la portée des sciences naturelles, portée qui, cependant, s'étend certainement aux choses de l'esprit.

Les philosophes sont aussi impuissants à expliquer les phénomènes intellectuels que les physiciens à rendre compte des propriétés calorifiques et lumineuses du soleil. Il y a cette différence entre eux que ces derniers n'attaquent pas les problèmes insolubles, parce qu'aucune nécessité ne les y pousse, et que les premiers continuent à verser des gouttes d'eau sur une immense roue de moulin pour la faire tourner.

Il est aussi impossible de dire pourquoi le cerveau pense, que de dire pourquoi le zinc et le cuivre, reliés entre eux par un conducteur humide, développent une force électro-motrice capable, par exemple, de changer brusquement l'état des parties les plus ténues de notre système nerveux. Personne cependant ne doute du rôle de ces métaux dans la production de ce phénomène incompréhensible. Nous ne savons pas davantage pourquoi du fer entouré d'un courant voltaïque devient magnétique, et pourtant nous qualifierions de novice celui qui prétendrait que le fil conducteur du courant voltaïque enroulé autour du fer ne sert à rien, et que le magnétisme est une force ajoutée surnaturellement au fer.

Quand le naturaliste affirme qu'il n'y a pas d'esprit sans cerveau vivant, et pas de cerveau vivant sans esprit, qu'une corrélation parfaite existe entre les modifications de ce cerveau et les modalités diverses de l'esprit, il nie aussi peu l'esprit que Copernic niait le soleil en prouvant la rotation de la terre autour de cet astre. Le naturaliste accorde volontiers que ces rapports existant entre les manifestations variées de la pensée et la structure des cellules ou des fibres nerveuses sont aussi inconnues que celui qui relie la lumière au soleil. Il se contente de ce fait que les créations *spirituelles* ou *mentales* du cerveau sont perçues comme telles par d'autres cerveaux auxquels la sensibilité, le jugement, la conscience, appartiennent en propre, comme la force attractive aux aimants.

La science est même bien loin de poser la question de savoir quelles modifications de la substance cérébrale correspondent à tel état particulier de la pensée. Néanmoins, l'homme le plus réservé est obligé de reconnaître que là où l'on a déterminé une modification dans la substance, il se produit une variation dans la pensée. Dans toute la série animale, nous voyons les fonctions multiples de la vie cérébrale correspondre aux phases diverses de la croissance et de la décroissance du cerveau; nous voyons la sensibilité, le jugement, la conscience, le courage et l'amour changer avec la nourriture et avec la maladie. A toute altération d'organe, répond une altération de fonctions. Et nulle part, il n'y a de fonctions sans organes.

Si, dans la plupart des cas, nous ne sommes point assez heu-

Digitized by Google

reux pour saisir avec nos moyens d'investigation la trace des mouvements matériels qui déterminent les mouvements de la pensée, nous constatons cependant en mille circonstances que nous sommes liés à la nature extérieure au point de paraître ses organes. Nous figurons comme des atomes complexes dans la circulation de la matière qui est la condition du regonflement des fleuves, de la décomposition des rochers et de la vie des plantes et des animaux. Nous sommes en effet le jouet des pressions de l'air. Qui n'aperçoit pas, lorsqu'il se promène dans un bois éclairé par le soleil, que l'air serein l'égaye? Et pourtant, peu d'hommes savent que l'oxygène excité par la lumière et la végétation des plantes favorise leur respiration et facilite la transformation sanguine qui nourrit leur cerveau.

Personne ne peut déterminer la limite de cette réciprocité entre la nature et l'esprit, mais le progrès des sciences nous garantit que nous ne serons pas toujours distingués en penseurs positifs et en penseurs métaphysiciens. Toute supposition, je ne dis pas d'un esprit général et immanent, mais d'un esprit individuel gouvernant la matière, liant et déliant, n'est qu'un saut résigné dans l'abîme qui sépare la cause première des conséquences éloignées d'elle par beaucoup d'actions intermédiaires. La doctrine de la nature, si nous entendons par là une science homogène et méthodique, et non pas une accumulation de faits empiriques, la philosophie de la nature en est encore à ses rudiments. Cependant, à force d'investigations persévérantes, elle est déjà parvenue à remplir l'abîme en beaucoup d'endroits et à reconnaître, sans résignation servile, mais avec une pieuse soumission, l'action fatale de la nécessité.

Les gens qui ont une foi différente raillent la nôtre, à nous qui avons rompu déterminément avec les croyances traditionnelles et les préceptes des religions vulgaires. Mais nous n'acceptons pas la raillerie, car nos convictions sont appuyées sur un ensemble de faits démontrables et constituent pour nous une foi aussi énergique que celle de n'importe quelle école ecclésiastique ou laïque.

La barrière qui séparait la science du monde des sens de l'homme tombe tous les jours de plus en plus. Nous constatons avec une satisfaction reconnaissante que les artistes, les historiens et les hommes d'État s'allient aux physiciens, aux chimistes et aux naturalistes, en acceptant leur méthode positive, pour approfondir la nature de l'homme, nous voyons avec bonheur le rapprochement de tous les phénomènes, et nous en déduisons que l'homme est capable de déterminer l'ensemble total des rapports immuables qui existent entre son cerveau et le monde extérieur. Ces rapports seuls ont une signification et une réalité, parce que l'homme est la mesure de toutes les choses qui le regardent, en tant qu'elles impressionnent ses sens immédiatement ou médiatement.

Bien que les circonstances qui ont entouré mon appel ici m'aient imposé, plus encore que les obligations du jour, la nécessité d'écarter tout malentendu, vous pensez bien que je ne pouvais entreprendre une défense de la doctrine à laquelle se rapportent les conclusions sommaires que j'ai eu l'honneur d'énoncer devant vous. Il était impossible, dans le court espace d'une heure, de développer les idées générales de cette doctrine et encore plus d'en aborder les détails.

Et puis, quand on se met à se défendre, on en vient rapidement à des allures offensives. Or, l'agression tourne souvent à une critique amère. J'ai tenu à éviter tout cela, non-seulement par respect pour la solennité présente, que je ne voulais point ternir par une étroite argumentation, ni déshonorer par une dispute, mais encore parce que j'ai l'assurance qu'un professeur détermine plus facilement la conviction de ses auditeurs lorsqu'il entreprend devant eux l'examen paisible et désintéressé des faits. Il les habitue de la sorte à l'exercice de la sagacité expérimentale ; et, comme toutes les particularités se ramènent à un petit nombre de lois, il leur enseigne à trouver la vérité d'une manière générale et indépendante sans prétendre imposer ses propres convictions à qui que ce soit.

Le devoir du professeur est moins de rechercher les erreurs d'autrui que de poursuivre la vérité avec une ardeur infatigable. Il réside, non dans la contradiction, mais dans la preuve ; non dans la discussion subtile des opinions où l'habileté superficielle de l'impromptu est souvent trompeuse, mais dans le développement rigide des faits et des inductions subséquentes ; non dans la négation, mais dans l'affirmation ; en un mot, non dans la destruction, mais dans la moisson.

Quant à vous, chers jeunes gens, j'ai personnellement peu de choses à vous dire, car je considère l'enseignement comme un grand art où l'artiste doit faire précéder la parole de l'action. Cependant, je vous dirige la parole, puisqu'il en est beaucoup d'entre vous que j'ai à remercier de la sympathie avec laquelle ils m'ont accueilli au milieu d'eux. Je vous donne l'assurance que je ne m'endormirai pas sur votre confiance honorable. Elle sera pour moi un stimulant qui m'excitera au travail infatigable, au labeur sans trêve pour vous et avec vous. Faisons revivre le temps où le maître et les élèves vivaient ensemble en camarades, en amis communs de l'étude libre et indépendante. Nous maintiendrons mutuellement en nous les vérités suivantes : la plus grande vertu de l'homme sérieux est qu'il ait le courage de penser ; sa plus grande gloire est qu'il demeure fidèle à ses convictions ; le cachet de l'homme droit et charitable — et cet homme peut se trouver dans toutes les communions — est d'être tolérant à l'égard de ceux qui pensent autrement que lui. Ainsi donc l'étude libre se résumera pour nous en ceci : courage de la pensée, fidélité aux convictions et tolérance !

Traduit sur le texte allemand de MOLESCHOTT,
par F. PAPILLON.

---

A la suite de cette remarquable leçon de M. Moleschott, nous sommes heureux de pouvoir reproduire l'appréciation qui en a été faite par le docteur Büchner, dans un ouvrage intitulé : *Science et nature*, et dont la traduction française paraîtra prochainement.

### Vie et Lumière.

Vie et lumière sont deux idées corrélatives, qui sont très-fréquemment rapprochées l'une de l'autre sans que, dans la plupart des cas, celui qui les emploie ainsi ait autre chose qu'une perception peu nette et un sentiment tout à fait indéterminé de leur rapport réciproque. Dans toutes les circonstances où la lumière existe, la vie existe également : quand il y a vie, il y a lumière ; ainsi s'exprime chacun, et aucun poëte, aucun rimailleur n'a omis de ramener très-souvent dans ses rimes ces deux belles expressions. Mais parmi ceux qui en ont fait usage, soit en écrivant, soit en lisant, à combien est-il venu dans l'esprit de faire pénétrer leur pensée

Digitized by Google

jusque dans le rapport intime et scientifique qui existe entre ces deux idées, rapport qui peut être considéré avec raison comme la base fondamentale de toute vie organique ! Sans lumière, point de vie ! Sans lumière, la terre serait une masse obscure et morte, au lieu d'être une habitation riante pour d'innombrables créatures, heureuses de leur existence. Si la *première lumière* qui a pénétré, il y a des millions et des millions d'années, au travers de cette masse vaporeuse et dense, placée autour de la terre qui était en formation, si cette première lumière a éveillé la première étincelle de vie à la surface de la terre, la lumière est restée encore depuis cette époque la compagne assidue de la vie et la cause principale du cours circulaire incessant de la transmutation de la matière qui, dans sa fluctuation éternelle de haut en bas et de bas en haut, rejette à la surface des êtres nombreux et des formes de toute espèce, pour les engloutir de nouveau après une courte existence. Ce que pressent le sentiment du poëte, l'œil du naturaliste le reconnaît et le voit, puisqu'il suit le rapport de la vie et de la lumière dans ses rapports intimes et en découvre les particularités. Il doit avoir étouffé depuis longtemps en lui-même toute impulsion scientifique, celui qui n'attache aucune importance à ces particularités et qui ne serait pas désireux d'apprendre quelque parcelle de ce que la science qui travaille et cherche toujours, a mis en évidence sur ce rapport entre la vie et la lumière.

Avec un tact très-heureux, J. Moleschott, ce savant qui a été forcé de quitter Heidelberg et qui a été appelé en Suisse, ce pays de la liberté, à une nouvelle chaire d'enseignement par des hommes vraiment intelligents, a choisi le thème *Vie et lumière* pour son discours d'ouverture à Zurich. A peine deux semaines s'étaient écoulées depuis sa publication, et déjà une deuxième édition était livrée au public. Dans ce discours, Moleschott fait ressortir l'*influence de la lumière sur la vie organique*, avec sa méthode si claire, aussi intéressante qu'instructive, et en s'appuyant sur des faits connus pour la plus grande partie. La déperdition d'oxygène est, suivant Moleschott, l'essence chimique de l'organisation *végétale* et elle n'a lieu que sous l'influence de la lumière. L'oxygène, devenu libre par la réaction vitale des plantes, s'échappe dans l'air et sert à la respiration et à la nutrition des *animaux*. Les plantes n'exhalent de l'oxygène que lorsque le soleil les éclaire. En effet elles s'assimilent par combinaison chimique l'acide carbonique contenu dans l'air et en mettent l'oxygène en liberté. Les recherches les plus récentes nous l'ont appris : sous l'influence de la lumière même, que nous savons, en tant que nous la connaissons à l'état désigné sous le nom de lumière blanche, être composée de plusieurs espèces de lumières ou de rayons lumineux, les soi-disant rayons lumineux sont les seuls qui accélèrent la nutrition chimique des plantes. Pendant la nuit et pendant les éclipses de soleil, cette réaction est renversée : les plantes absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique. La plante est donc, dans le vrai sens du mot, un enfant de la lumière, qui en dépend par sa génération, sa nutrition et son accroissement.

L'animal, dont la respiration est toujours identique avec elle-même au point de vue chimique, se comporte tout autrement : toutefois cette respiration paraît dépendre de l'existence des plantes. Sans l'oxygène que ces dernières abandonnent à l'air, l'animal ne pourrait pas vivre, tandis qu'il dégage dans sa respiration même de l'acide carbonique, dont la plante a un besoin si indispensable pour son existence, et ainsi se produit entre la respiration des animaux et celle des plantes cette loi d'échange si connue et si intéressante, dont nous avons déjà fait mention. Du reste, on se tromperait si l'on voulait admettre que la lumière n'a aucune influence sur la respiration et la réaction vitale des animaux. Bien que cette influence ne soit pas aussi éclatante que dans les plantes, elle n'est pas moins importante ni moins riche en conséquences. D'après les recherches indiquées plus haut, l'acte de la respiration s'opère dans l'obscurité plus lentement qu'au jour. Plus il y a de lumière et plus l'exhalation de l'acide carbonique est considérable. Mais comme la transmutation de la matière se trouve intimement liée tout entière à l'acte de la respiration, la lumière du soleil exerce une action accélératrice sur la transmutation de substance des animaux, et produit en même temps une action excitante sur toute l'activité organique, et notamment sur la fonction des nerfs et de l'intelligence. Par suite, les animaux sont plus faciles à engraisser dans les étables obscures que sous l'influence de la lumière, parce qu'exciter et consommer constitue l'action qu'exerce la lumière sur l'organisation animale. Dans l'état d'activité organique normale de l'organisme animal et surtout de l'organisme humain, cette influence excitante et vivifiante de la lumière est nécessaire. Tout le monde sait quel effet fâcheux exerce sur la santé l'absence de lumière, et quelles misérables créatures naissent et s'élèvent au sein des habitations obscures et humides des prolétaires dans les grandes villes. Qui n'a pas expérimenté sur lui-même la triste influence qu'exerce sur notre sérénité d'esprit une journée sombre et pluvieuse, en l'opposant à l'élan et à la vivacité de notre existence dans un beau jour, éclairé par un soleil éclatant ?

Ces explications vraiment intéressantes conduisent très-naturellement Moleschott à la délimination que la nature extérieure affecte à la *volonté dite libre* de l'homme qui, suivant son opinion, est un produit de la nature et non une entité sans point d'appui préliminaire, et il trouve là l'occasion de répondre aux attaques parfois puériles qui ont été dirigées de tous côtés contre une certaine direction de l'étude philosophique de la nature. Liebig est représenté comme un savant *de cour* qui, devant *un cercle de courtisans*, s'efforce, non de contredire, mais de ridiculiser les savants qui lui sont opposés. Les naturalistes, dit Moleschott, ne nient pas l'esprit, ils ne veulent pas non plus expliquer l'esprit, ni la vie : en effet, la liaison inséparable de l'esprit et de la matière ne réside pas dans une explication, mais dans un fait. Il n'est pas possible d'expliquer l'unité naturelle de la force et de la matière : mais on peut dire seulement qu'elle constitue une unité nécessaire à la nature, cause déterminante du mouvement éternel, et se trouvant elle-même en mouvement. Les impressions renversées de l'enfance peuvent seules, au lieu de cette unité, nous faire apercevoir toujours seulement la désunion de ces deux idées. Tout aussi bien que les naturalistes, les philosophes sont incapables d'expliquer l'esprit. Mais ces derniers en savent assez pour ne pas même tenter d'en entreprendre une explication. Ils ne nient pas l'esprit, puisqu'ils font voir que le mouvement ascensionnel ou descensionnel du cerveau correspond à un mouvement ascensionnel ou descensionnel de la vie intellectuelle, et puisqu'ils savent qu'une transformation de la matière doit avoir aussi pour conséquence une transformation de ses fonctions. L'hypothèse d'un esprit indépendant et organisateur, gouvernant la matière, est en contradiction avec toute expérience.

Digitized by Google

Tels sont en résumé les traits les plus saillants contenus dans le discours de M. Moleschott, que doit lire lui-même celui à qui ne suffit pas l'indication résumée de son contenu que nous venons de donner. Nous pourrions ajouter à la partie polémique de ce discours l'observation suivante : l'ignorance, la grossièreté, la trivialité avec lesquelles, dans cette discussion, les nombreux antagonistes de la direction empirique de l'étude de la philosophie naturelle ont traité les défenseurs de cette direction, dépassent toute idée, et plus des individus sont ignorants et inaptes à juger les questions dont il s'agit ici, plus ils croient que leur bouche doit le faire. Mais ces individus, et malheureusement aussi la plupart des hommes instruits, ont à peine une idée de la voie que suit aujourd'hui l'étude des sciences naturelles et que doivent suivre toutes les sciences dans l'avenir, et ils croient pouvoir, à l'aide de quelques idées à priori, puisées dans le lait maternel, réduire à néant la réalité la plus éclatante. Malgré tout nous ne pouvons cependant pas douter que les faits ne finissent par triompher et qu'il ne vienne une époque pendant laquelle l'esprit humain puisera, dans les sciences de la nature et de l'histoire, les seules règles immuables de sa pensée. Les hommes liront alors avec étonnement l'histoire des temps actuels, et pourront à peine considérer comme possible que jamais une telle ignorance et une telle contradiction de la nature ait pu prédominer chez leurs devanciers.

Traduit sur le texte allemand de BUCHNER.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES

(de l'Institut).

### VIII (fin).

**Migrations par mer. — Physique générale du globe.**

III. Il nous reste à étudier les courants marins considérés longtemps comme un obstacle aux migrations par mer, de l'ouest vers l'est.

La chaleur équatoriale tend à dilater l'eau et à la répandre, pour ainsi dire, de chaque côté ; mais les vents alisés la ramassent et la reportent vers l'équateur. Comme les vents alisés, elle y arrive avec un mouvement inférieur à celui de rotation du globe ; de là un double courant de l'est à l'ouest, appelé courant équatorial. On le croyait d'abord unique ; plus tard on reconnut qu'il était double, qu'il existe un courant équatorial nord et un courant équatorial sud, séparés par un contre-courant allant de l'ouest à l'est, et qui pouvait favoriser les migrations dans ce sens. C'est là le point de départ de l'hydrodynamique de la mer.

Suivons les courants équatoriaux dans l'Atlantique. Ils viennent directement au cap Saint-Roch, s'y brisent et s'y bifurquent. Des deux branches, la supérieure et la plus importante remonte au nord, vers le golfe du Mexique, où elle forme plusieurs petits courants, s'échappe par le détroit de Bahama, va à Terre-Neuve où elle rencontre un courant glacé venant de la baye de Baffin. Elle est alors rejetée vers l'Europe et vient en échauffer les côtes occidentales sous le nom de *Gulf-Stream*. Dans l'Océan Atlantique, les courants et les vents alisés favorisent par conséquent les migrations d'Afrique en Amérique. Le *Gulf-Stream* a son tour pourrait venir en aide à des migrations en sens contraire.

Dans l'Océan Pacifique, le courant équatorial est double, et c'est ici surtout qu'on observe le contre-courant qui va d'Asie vers l'Amérique et qu'on pourrait considérer comme la grande route de la Polynésie. Le courant équatorial du nord s'infléchit entre les Philippines et le Japon, se recourbe et retourne vers l'Amérique où il vient frapper les côtes de la Californie ; c'est absolument l'analogue de notre *Gulf-Stream*. M. de Tessan en ayant le premier décrit la marche, ce courant a reçu le nom de *courant de Tessan* ; mais il était depuis longtemps connu des Japonais sous le nom de Kuro-Sivo ou fleuve Noir.

Le courant équatorial du sud se divise entre la Nouvelle-Hollande et la Nouvelle-Zélande. Une branche remonte vers l'Océan indien.

En combinant ces diverses données, nous comprendrons les diverses opinions émises par des hommes qui, partant de la croyance au monogénisme, cherchaient à s'expliquer comment avaient pu se peupler les îles du Grand-Océan.

Ceux qui croyaient à un courant intertropical unique de l'est à l'ouest et aux vents alisés, soufflant dans le même sens, ne pouvaient admettre les migrations partant de l'Asie et se dirigeant vers l'est. Aussi Ellis avait-il imaginé que les habitants de l'Océanie étaient venus d'Amérique. Forster et Dumont d'Urville, partant de la même donnée, pensaient que la Polynésie était le reste d'un grand continent séparé de l'Asie à une époque relativement récente. Ceux, au contraire, qui ont tenu compte de tous les faits ont admis que, même dans l'état actuel des choses, des populations ont pu aller d'Asie en Polynésie ; telle est l'opinion de Malte-Brun, Lesson, Rienzi, Beechey, Lutke, Hale, Gauszin... et du professeur lui-même.

Dès à présent, nous pouvons dire que l'Amérique, par le détroit de Behring, pouvait être accessible aux Asiatiques, ainsi que par les îles Aléoutiennes, comme l'ont affirmé Pickering, Maury, Schoolcraft ; elle fut accessible aux Européens par l'Islande et le Groënland, aux Africains de l'ouest par le courant qui vient se briser au cap Saint-Roch.

De même, l'Océanie a pu être peuplée par l'Asie et les habitants ont pu lui venir des côtes de la Chine comme de l'archipel Malais.

Nous aurons maintenant à démontrer par des faits ces assertions appuyées déjà sur la géographie et la physique générale du globe.

### IX.

**Migrations polynésiennes.**

Le sujet de notre précédente leçon a été de montrer la possibilité des migrations par mer. Nous avons vu que ces migrations sont sous l'influence de trois sortes de circonstances qui peuvent les favoriser ou les contrarier, les rapports géographiques, les courants aériens et les courants marins.

Quant aux conditions géographiques, nous savons que, par le nord, le peuplement de l'Amérique n'offrait pas de sérieuse difficulté. Telle était l'opinion de Buffon, et les connaissances géographiques nouvelles n'ont fait que la confirmer. Pour

(1) Voy. les nos 33, 35, 37, 38, 40, 41 et 42.

Digitized by Google

l'Océanie, nous avons trouvé deux routes naturelles qui, partant d'Asie, mènent en Polynésie d'une part, en Mélanésie de l'autre. — Les vents occasionnaient un grand embarras, alors que l'on ne connaissait que les vents alisés soufflant de l'est à l'ouest; il était bien difficile alors de s'expliquer le peuplement de l'Océanie par l'Asie. Mais nous savons aujourd'hui qu'à cette condition mauvaise s'en joignent de favorables. Une région de calme et de vents variables, le Cloud-Ring, ouvre la route de la Polynésie; deux autres régions de calme circonscrivent encore les vents alisés. De plus, le système de courants aériens se transporte suivant les saisons; les Moussons renversent à de certaines époques de l'année les vents alisés, et les Typhons et les tempêtes favorisent les migrations en dispersant loin de leur route les navigateurs.

Voilà bien un ensemble de circonstances suffisant pour démontrer la possibilité du peuplement de l'Océanie par voie de migrations.

Les courants marins confirment encore cette assertion. Nous savons qu'entre les deux courants équatoriaux est un contre-courant qui, dans le grand Océan, porte de l'archipel malais vers l'Amérique du Sud. Nous avons encore vu le changement de direction vers le cap Saint-Roch et l'Asie du courant équatorial qui, reployé, forme le Gulf-Stream, dans l'océan Atlantique, le courant de Tessan dans le grand Océan. Ces courants favorisent donc aussi la navigation de l'ouest à l'est, contrairement à ce que l'on avait pensé et objecté.

Ainsi, la géographie, les mouvements atmosphériques et les mouvements marins, concourent à démontrer que l'Amérique a pu être peuplée par l'Asie et l'Europe; que l'Océanie a pu recevoir par migration ses habitants de l'Asie. Il nous reste à chercher s'il est possible de citer des faits montrant que les choses se sont passées ainsi.

Nous commencerons par l'Océanie, mais nous ne l'envisagerons pas dans toutes ses parties. Quand nous aurons montré des faits sur le peuplement de la Polynésie et des îles les plus éloignées, la question sera jugée. Le peuplement de la Malaisie et de la Mélanésie s'expliquera tout naturellement, et nous aurons ainsi pris le taureau par les cornes.

Tout ce que nous avons dit, suppose des peuples navigateurs, qui, venus du continent sur un groupe d'îles voisines auraient fini, en passant d'une île dans une autre, par peupler toute l'Océanie. Nous allons les trouver sur les deux routes que nous avons indiquées, et passant, l'une par la Malaisie, l'autre par les Carolines.

Dans la Malaisie, nous trouvons un fouillis de populations, presque toutes métisses, et se rapportant aux trois types humains. Mais un trait commun à toutes, quand elles sont restées au rivage, et ne se sont point enfoncées dans les terres, c'est que ce sont des populations éminemment navigatrices. Les Malais possèdent des flottes considérables, qui luttèrent contre les navires portugais. A côté, sont les Bugis, qui tendent à remplacer les Malais dans la prépondérance politique. les Dayaks, qu'on trouve à Bornéo, et qui sont regardés comme la souche des populations polynésiennes, s'étendent jusqu'à Timor; ces Dayaks sont des navigateurs hardis et habiles, de véritables pirates qui osent s'attaquer aux Anglais et aux puissances européennes. Dans la Malaisie, se trouvent encore les Prakos, peuple uniquement marin, qui parcourt l'archipel en tous sens, ne quitte jamais ses pirogues, et change de havre suivant les nécessités de son commerce et la direction des vents. On voit donc que la Malaisie entière est habitée par des peuples navigateurs.

L'autre route, avons-nous dit, part de la Chine, et se dirige vers la Polynésie par la Micronésie. Nous devons donc chercher dans les Carolines le peuple navigateur que nous avons trouvé dans l'archipel malais.

Ce point a une importance exceptionnelle; on peut, en effet, y arriver par deux chemins différents, du continent par les Philippines, des îles de la Sonde et de la Malaisie par le contre-courant équatorial et les Moussons. Or, la population des Carolines accuse précisément ces deux origines. Lesson a trouvé une population mogole à Ualan; Chamisso et Lutke ont rencontré ailleurs une population polynésienne; Rienzi, une population de Dayaks; Morrel enfin y a rencontré une population noire à cheveux très-frisés. Nous verrons plus tard la conséquence de ces faits; contentons-nous aujourd'hui de constater que l'on a rencontré aux Carolines tous les éléments de l'Océanie.

Or, cette population si diverse est éminemment navigatrice, habile et hardie jusqu'à la témérité; toutes les relations de voyage s'accordent à la reconnaître. Leurs pirogues, dont les plus grandes mesurent cinquante pieds, appelées *volantes*, sont estimées, même des Européens; très-habilement construites, elles sont excellentes pour certaines manœuvres, et louvoient très-rapidement au plus près. Leurs connaissances nautiques sont assez avancées, et égalent au moins celles des anciens Grecs. Ils partagent l'horizon en vingt-huit sections distinguées les unes des autres par certaines étoiles; ils savent dresser des cartes des îles qui leur sont connues. Avec ces quelques notions, ils font des voyages qui excitent l'étonnement. Au moindre prétexte, ils montent sur leurs canots, emmenant leurs femmes et leurs enfants, et considèrent comme de véritables parties de plaisir des traversées souvent très-dangereuses. Ils font aussi des voyages de commerce, et ont avec des régions fort lointaines des relations et des échanges de marchandises, ainsi que le fait suivant le démontre. Ce récit est emprunté aux relations de don Luis de Tort, sous-gouverneur de Guahan, l'une des îles Mariannes.

En 1788, on vit arriver à Guahan une flottille de Carolins. L'étonnement fut grand, car la distance entre les deux groupes d'îles est de 600 kilomètres environ. Ils furent, du reste, fort bien accueillis, et racontèrent qu'il y avait eu jadis un commerce régulier entre les Carolines et les Mariannes, et qu'ils y venaient comme autrefois chercher du fer. Or le fer ne se trouve pas naturellement aux Mariannes; il y vient de Chine ou d'ailleurs, ce qui nécessite des traites et des voyages antérieurs. Ces relations, racontèrent-ils encore, cessèrent à l'époque où les Européens arrivèrent aux îles Mariannes, et exercèrent leur tyrannie sur les premiers habitants de cette contrée.

Remarquons ici en passant un de ces exemples d'odieuse barbarie que l'on trouve à chaque pas dans l'histoire de la découverte et de l'occupation des terres nouvelles par les Européens. La population des Mariannes, qui montait à 44 000 âmes lors de l'arrivée des blancs, est réduite aujourd'hui à 4500, presque tous métis; elle fut véritablement décimée par la barbarie de ceux qui devaient leur apporter la civilisation.

On demanda aux Carolins comment, après une absence de deux cents ans, ils avaient pu retrouver les Mariannes séparées de leur pays par plus de cent lieues. Ils répondirent que leurs pilotes avaient des chants traditionnels qui indiquaient sur

Digitized by Google

quelles étoiles il fallait se guider pour faire la route. C'est avec de pareilles données qu'ils avaient fait un voyage aussi considérable, et qu'ils étaient arrivés en ligne droite à une île assez petite, car elle ne mesure que trente lieues de tour. On reçut fort bien ces hardis voyageurs, et ils s'en retournèrent satisfaits, promettant de revenir; mais on ne les vit plus. Une tempête les avait sans doute fait périr en route, et leurs compagnons restés au pays, pensèrent qu'ils avaient été massacrés.

En 1804, don Luis fut visiter les Carolines, rassura les esprits en leur parlant du bon accueil qui avait été fait aux premiers voyageurs, et depuis cette époque, une flottille de Carolins retourna tous les ans à Guahan pour y chercher le fer qui leur est nécessaire. L'amiral Paris a d'ailleurs affirmé au professeur que des barques isolées et montées seulement par quelques Carolins, accomplissent souvent cet immense voyage pour un gain insignifiant, ainsi qu'il en a lui-même été témoin. Ces faits démontrent de la façon la plus certaine les habitudes de ces populations et leur caractère navigateur.

Voilà donc deux peuples navigateurs sur la route de la Polynésie. S'ils ont peuplé cette partie de l'Océanie, nous devons trouver là un type, partout le même, se rattachant aux races qui lui ont donné naissance. C'est précisément ce qui a lieu; tous les voyageurs sont d'accord sur ce point. Les caractères physiques y sont partout identiques, et, s'il y a quelques légères différences dans la couleur ou la taille, elles sont dues à l'introduction de sang nègre dans la race. Or, nous nous rappelons que nous avons trouvé des noirs aux Carolines, et nous en trouverons à Tahiti. La langue est identique dans toute cette contrée, et, d'après M. Gaussin, auteur d'une grammaire polynésienne couronnée par l'Institut, les différences sont si légères qu'elles ne sont pas suffisantes pour mériter le nom de dialectes. Même industrie partout. L'art nautique en particulier s'y est perfectionné, et leurs barques sont de vrais navires pouvant porter près de deux cents hommes. Les institutions sont semblables; le gouvernement consiste en une sorte de féodalité, les chefs opprimant les castes inférieures. Il y existe des sociétés secrètes infâmes, étendant leur empire sur la Polynésie tout entière. La religion se retrouve partout la même; le respect des morts y est extrême et se manifeste partout par les mêmes signes et les mêmes cérémonies.

Tous ces faits, démontrant l'identité de race, démontrent du même coup le peuplement par migration. Quelle autre explication invoquer en effet? — L'apparition sur place? Mais, dans toute la Polynésie, il y a des hommes et il n'y a de mammifères que des espèces importées. — L'affaissement d'un continent? Mais la Polynésie est sept ou huit fois grande comme l'Europe. Si l'Europe s'engloutissait, les îles qui resteraient émergées auraient des langues bien différentes, et il suffit de rappeler que la langue basque, quoique voisine de la langue espagnole, en serait bien distincte. Or, la Polynésie a partout un langage identique. Donc la théorie d'un affaissement, non-seulement n'est pas nécessaire, mais il est impossible de l'invoquer.

On a d'ailleurs la preuve historique que certaines îles, d'abord habitées, furent plus tard abandonnées, puis repeuplées par d'autres hommes, qui y trouvèrent et y ont conservé des monuments qui leur sont étrangers. Malgré la négation qu'on peut opposer à ces faits, la chose est certaine pour l'île de Pâques. Inexplicable pour ceux qui admettent l'engloutissement d'un continent ou la création sur place, de tels faits deviennent tout naturels dans l'hypothèse des migrations.

Enfin, on s'est demandé la cause de ces migrations. Si l'on interroge l'histoire à ce sujet, il semble qu'à certaines époques le démon des migrations s'empare de l'esprit des peuples. Rappelons les invasions barbares sur l'Europe, les pirateries des Normands, l'épuisement du Portugal et de l'Espagne après les découvertes du xv^e siècle, par le passage aux colonies. En Polynésie, il faut ajouter une autre raison, c'est le défaut de nourriture qui devait forcément amener la dissémination des populations. Quelques-unes de ces îles sont très-fécondes, mais, comme elles sont toujours étroites, un moment venait fatalement où le sol ne pouvait fournir à ses habitants les aliments nécessaires. C'est alors qu'ils émigraient, pressés par la faim. Dans toutes ces îles aussi, on a conservé le souvenir d'une terre occidentale, sorte de paradis et lieu de délices. C'est vers cette terre que les prêtres poussaient à de certaines époques l'excédant de la population, entraînée par le récit d'un songe prophétique. Les émigrants partaient alors en masse à la recherche de cette terre inconnue. Beaucoup périssaient en route, mais un grand nombre aussi finissait par arriver quelque part dans cette mer semée, comme à plaisir, d'îles et d'archipel.

D'autres migrations furent involontaires. Des barques jetées loin de leur route par la tempête et allant au hasard, devaient facilement rencontrer des terres nouvelles dans cette mer parsemée d'îles. Nous allons en citer trois exemples.

Le premier exemple est emprunté à Cook, et est remarquable par la longueur et la direction du trajet. En 1777, Cook se trouvait à Watiou, au sud-ouest de Tahiti. Un Tahitien nommé Mai, qui l'accompagnait, trouva dans cette île des compatriotes qui, partis à vingt de Raïatea, à l'ouest de Tahiti, avaient été jetés loin de leur route par une tempête. Dix-sept étaient morts en mer de faim et de misère; trois étaient arrivés dans cette contrée où ils vivaient depuis douze ans. La distance qu'ils avaient parcourue était de 1200 kilomètres.

Le deuxième exemple est l'histoire d'un Carolin nommé Kadou. Il était parti de Oulea avec trois compagnons, pour pêcher, c'est-à-dire dans une petite barque non pontée. Une tempête renversa les vents alisés et leur fit perdre leur route. Se croyant à l'ouest, lorsqu'ils étaient à l'est, ils se mirent à serrer le vent et à louvoyer. Ils naviguèrent ainsi pendant huit mois, vivant de pêche, et vinrent enfin aborder au petit groupe d'Aur, dépendant des îles Radak, à 2700 kilomètres du point de départ, plus de huit cents lieues. C'est là que Kotzbue trouva Kadou en 1816. Remarquons que ce voyage avait été accompli contre les vents alisés qu'on croyait devoir arrêter les migrations.

Dans les deux exemples précédents, nous ne voyons que quelques hommes détournés de leur route, et émigrant involontairement. Celui que nous allons citer nous montre tous les éléments d'une colonie, et nous prouve en même temps une fois de plus les habitudes voyageuses de ces populations. Il est emprunté à la relation des voyages que le capitaine Beechey fit dans ces parages, de 1825 à 1828. Beechey découvrit dans le nord-est des Pomotous (Archipel Dangereux), au sud-est de Tahiti, l'île de Barrow, rocher aride, où il trouva des traces récentes d'habitation. Plus loin, il découvrit l'île de Byam-Martin, et là il trouva une colonie composée d'une quarantaine de Tahitiens, hommes

Digitized by Google

et femmes. Leur chef, Touwari, lui raconta qu'à l'avénement de Pomaré, ils étaient partis de l'île Chaine, au nombre de cent cinquante, dans trois pirogues, pour aller à Tahiti rendre leurs hommages au nouveau souverain dont ils étaient tributaires. En vue de Maïtea, la Mousson, venue plus tôt que d'habitude, renversa le vent alisé. Deux pirogues se perdirent; la troisième portait vingt-trois hommes, quinze femmes et dix enfants. Ils eurent à supporter toutes sortes de tortures; la faim et la soif les poussèrent au cannibalisme, et c'est au milieu de toutes ces misères qu'ils parvinrent à l'île Barrow, où Beechey avait trouvé leur trace. Ils passèrent de là à Byam-Martin, distant de Maïtea de 1000 kilomètres.

En présence de ces faits, il est impossible de nier qu'un certain nombre d'îles polynésiennes ait été peuplé par dissémination ou migrations involontaires.

Enfin, si ces migrations furent parfois volontaires, le souvenir du point de départ, les rapports des îles entre elles, tels que nous les avons constatés entre les Carolines et les Mariannes, ont dû donner à ces peuples quelques connaissances géographiques. Elles existent, en effet, et beaucoup de voyageurs ont pu le constater. En voici deux exemples.

En 1606, Quiros arriva à Taumaka, île indéterminée que Dumont d'Urville et Rienzi croient être l'île Duff. Là Quiros recueillit des renseignements sur plusieurs îles éloignées de cent à cent cinquante lieues; on lui indiqua entre autres une île nommée Ticopia et une grande terre. Guidé par ces renseignements, il découvrit la Terre du Saint-Esprit, une des plus grandes des Nouvelles-Hébrides.

Mais le document le plus important est la carte remise à Cook, lors de son premier voyage, par Tupaïa, ancien ministre d'Oberea, reine de Tahiti. Elle a été publiée par Forster. Elle comprend tous les principaux archipels de la Polynésie à l'exception des Sandwich et de la Nouvelle-Zélande. L'histoire de cette carte fournit un exemple curieux de la suffisance des Européens qui toujours ont peine à croire à des connaissances réelles chez les peuples qu'on qualifie du nom de sauvages. Cook et ses compagnons, s'abusant sur le sens des mots signifiant nord et midi, renversèrent la carte. De là des erreurs résultant des indications fournies par cette carte sur les points alors connus de Cook et de Forster.

De son côté, Tupaïa, convaincu de la supériorité scientifique des Européens, corrigea sa carte, et ce n'est que plus tard qu'on vérifia toute la justesse de ses connaissances géographiques. Tupaïa avait parcouru lui-même un certain nombre de ces îles; les chants nationaux lui avaient appris où étaient situés les autres. M. de Quatrefages a eu l'occasion de reconnaître combien sont précis dans leurs renseignements ces chants nationaux, et voici dans quelles circonstances. M. Gaussin avait apporté dans son cabinet un de ces chants traditionnels recueillis par les soins de l'amiral Lavaud à Tahiti, et ils les parcouraient ensemble, lorsque M. de Quatrefages eut l'idée de rechercher s'il y avait correspondance entre la position des îles dessinées dans la carte de Tupaïa, et celle qu'indiquent les chants nationaux. L'exactitude était parfaite, et M. Gaussin lui-même demeura étonné de ce résultat, ne croyant pas à tant de précision.

Dans tous ces groupes d'îles, on a trouvé des traditions sur l'origine présentant des faits analogues. Toutes rappellent des migrations. Nous ne pouvons entrer ici dans de grands détails; nous nous bornerons à en donner une idée générale.

Cook, dans son premier voyage, visita la Nouvelle-Zélande, dont les habitants lui dirent qu'ils venaient d'une île nommée *Hawaiki*. A Tahiti, il rencontra une tradition faisant remonter le berceau de la population à un lieu sacré nommé *Hawaii*.

Ellis, missionnaire auquel on doit de nombreuses observations, nous apprend que la population des Sandwich déclare venir d'une île nommée *Hawaii*.

Williams, autre missionnaire aux îles Manaïa (Rarotonga), rencontra une tradition, indiquant comme point d'origine une île nommée *Avaïki*.

Enfin, une des îles Samoa se nomme *Savaï*.

Sans être philologue, il est impossible de ne pas voir dans ces diverses dénominations, le même mot transformé par les dialectes; ces souvenirs indiquent évidemment une origine commune. Ellis avait cru pouvoir placer Havaii dans les Sandwich mêmes, mais à tort, car les Sandwich ne sont pas indiquées dans la carte de Tupaïa, qui ne les eût pas oubliées, si là avait été le berceau de sa race.

Halle, dès son arrivée en Polynésie, avait causé avec Williams, et avait été frappé de la similitude des noms désignant les lieux d'origine. Il reconnut bientôt que c'était absolument le même mot modifié suivant les règles générales des dialectes polynésiens, et demeura convaincu qu'il désignait un lieu d'origine commun aux diverses populations qui en avaient gardé le souvenir; c'était pour lui le point de départ des migrations polynésiennes. Il se mit alors à rechercher cette île sur la carte de Tupaïa. Il y trouva figurée l'île Ohevaï, qui n'est pas autre que l'île Savaï de nos cartes. Cette île est représentée par Tupaïa cinq à six fois plus grande que toute autre, sans doute parce qu'il la regardait comme grande et glorieuse, elle qui avait été le berceau de ses ancêtres. Tupaïa la disait plus grande que Tahiti. C'est évidemment une erreur, mais une erreur qui acquiert son importance dans la question qui nous occupe. D'après Forster, Tupaïa avait ajouté que cette île était le père de toutes les autres. Devant ces preuves, Halle demeura convaincu que là était le point de départ des populations polynésiennes. Ici nous devons renvoyer au livre de Halle; nous ajouterons cependant qu'il a appelé à son secours dans sa démonstration, outre les notions géographiques et les traditions, la linguistique, l'étude des mœurs, de la religion, de l'industrie, l'appellation des lieux, etc. Le résultat de ces laborieuses recherches a été sa précieuse carte des migrations polynésiennes qui permet d'en établir le sens et la direction. Ici encore, à notre grand regret, nous ne pouvons suivre ces migrations dans leurs détails, nous devons nous borner à dire quelques mots sur l'ensemble.

A l'extrême ouest de la Polynésie, sont les archipels Tonga et Samoa. Or les habitants de ces deux groupes d'îles affirment qu'ils viennent de l'ouest. Si nous suivons cette indication, nous tombons dans la Mélanésie. Évidemment, ce n'est pas là qu'il faut chercher leurs ancêtres; il faut aller plus loin, jusque dans l'archipel malais, parmi les Dayaks, que plusieurs voyageurs s'accordent depuis longtemps à regarder comme la race originaire des Polynésiens. C'est là que nous trouvons le point de départ des hommes qui ont peuplé Tonga et Samoa. De ces dernières, qu'il faut considérer comme l'Hawaiki des Maoris, l'Havaii des Tahitiens, sont ensuite parties les migrations secondaires qui ont peuplé la Polynésie.

On peut presque préciser, au milieu de l'archipel malais, le point exact d'où est originaire la population de Samoa et de Tonga. Dans ces deux groupes d'îles, ce lieu d'origine

Digitized by Google

est nommé *Bourotou* ou *Bouro-la-Sainte*, d'après Halle. Or, il est précisément une île, située entre Céram et les Célèbes, qui porte le nom de Bouro ou Bourou. C'est au moins une coïncidence remarquable.

L'émigration de Bourotou est donc bien probable. Or, cette émigration se scinda. Une partie des émigrants alla directement à Samoa et à Tonga ; une autre se fixa dans les îles Fijis ou Viti. Ces dernières étaient occupées par des nègres. Dans les premiers temps de l'établissement des Dayaks dans ces îles Fijis, tout alla bien ; ils vivaient en paix avec les premiers occupants. Mais bientôt, la guerre s'alluma entre eux, et les Dayaks chassés envahirent Tonga. Ils y apportèrent un mélange qui est attesté encore aujourd'hui par des caractères physiques et la linguistique. En revanche, ils avaient laissé aux Fijis une race mixte reconnaissable aux mêmes caractères. Arrivés à Tonga, ils asservirent les premiers habitants qui avaient conservé sans mélange le sang malais, et les attachèrent à la glèbe, fait qu'on ne trouve que dans cette île, malgré l'universalité de la constitution civile féodale.

Sans donc affirmer que la première migration est venue de ce point exactement, nous pouvons dire que les traditions, comme les caractères physiques, nous ramènent au groupe habité par les Dayaks ; que de Tonga, et surtout de Samoa, partirent ensuite les colonies qui se répandirent dans toute la Polynésie.

A côté de ces idées générales, nous étudierons en détail l'histoire du peuplement de la Nouvelle-Zélande, et nous verrons que ces migrations ne remontent pas à des temps bien éloignés. — L. Hallez.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

### CHIMIE MINÉRALE (1).

COURS DE M. RICHE.

#### Acide sulfurique.

L'acide sulfurique est un des corps les plus importants de la chimie, et il joue aujourd'hui un rôle immense dans l'industrie. On connaît ce corps à l'état anhydre et à l'état hydraté.

*Acide sulfurique anhydre.*— Il a été découvert et étudié par M. Bussy. Il est solide à la température ordinaire et se présente sous la forme de houppes blanches et soyeuses. On peut le comprimer entre les doigts sans qu'il les brûle. — Il fond à 20 degrés et se volatilise vers 30 degrés. Mais il se change peu à peu en une modification isomérique, qui ne fond plus qu'à 100 degrés environ.

Sa densité est 1,97, d'après M. Bussy. La densité de sa vapeur est 2,763, d'après Mitscherlich. Soumis à l'influence d'une chaleur rouge, il se décompose en acide sulfureux et en oxygène. Exposé à l'air, il répand des vapeurs blanches très-épaisses et en attire rapidement l'humidité. Il est facile de mettre en évidence cette grande affinité de l'acide sulfurique anhydre pour l'eau. Laissons tomber quelques gouttes de cet acide dans un vase rempli d'eau : la chaleur produite est tellement grande, qu'on entend un bruit semblable à celui d'un fer rouge plongé dans ce liquide. Si l'on faisait l'expérience d'une manière inverse en jetant de l'eau dans l'acide, la température atteindrait le rouge et le vase serait brisé.

*Préparation.* — On peut obtenir l'acide sulfurique anhydre, en faisant arriver sur la mousse de platine légèrement échauffée un mélange d'acide sulfureux et d'oxygène bien desséchés. Toutefois, on le prépare ordinairement en distillant à une température de 150 à 200 degrés l'acide qu'on trouve dans le commerce sous le nom d'*acide de Nordhausen* ou d'*acide sulfurique fumant*, lequel est un mélange d'acide anhydre et d'acide monohydraté.

La température du récipient ne doit pas dépasser 10 degrés ; généralement il est environné de glace ; l'acide sulfurique anhydre passe seul à la distillation, car l'acide monohydraté ne bout qu'à 325 degrés. On peut encore obtenir l'acide sulfurique anhydre, en chauffant dans une cornue de grès du bisulfate de potasse ou de soude desséchés :

$$NaO,2(SO^3) = NaO,SO^3 + SO^3.$$

J'ajouterai toutefois que ce moyen est rarement employé à cause de la difficulté qu'on éprouve à chasser toute l'eau du bisulfate, et surtout en raison de la température élevée qui est nécessaire et qui détruit une partie de l'acide sufurique.

*Acide sulfurique fumant ou de Nordhausen.* — Cet acide, nous l'avons déjà dit, est considéré comme un mélange d'acide anhydre et d'acide monohydraté, ou comme une combinaison de deux équivalents d'acide anhydre avec un équivalent d'eau, ce qui dès lors peut se formuler $2SO^3,HO$.

C'est un liquide ordinairement coloré en brun, oléagineux, fumant et pouvant cristallisser par le froid. — On l'emploie presque exclusivement pour dissoudre l'indigo; la dissolution s'effectue beaucoup mieux avec cet acide qu'avec l'acide ordinaire : il a en outre sur ce dernier l'avantage de ne pas contenir de produits nitreux qui altèrent l'indigo et le détruisent rapidement, en le transformant en une substance jaune.

*Préparation.* — On obtient l'acide sulfurique monohydraté en distillant du sulfate de protoxyde de fer qui a pour formule : $FeO,SO^3,7HO$. — Ce sel est d'abord desséché puis soumis à la distillation :

$$2(FeO,SO^3) = SO^2 + SO^3 + Fe^2O^3.$$

On voit d'après la réaction que l'on devrait obtenir de l'acide anhydre ; mais, comme le sulfate de fer retient toujours une certaine quantité d'eau, cette eau se retrouve dans les produits de la distillation. — L'acide est recueilli dans des tubes de terre inclinés, placés en dehors du fourneau de galère où se trouvent d'autres tubes de terre placés horizontalement les uns à côté des autres, et dans lesquels est placé le sulfate de fer.

*Acide sulfurique ordinaire ou monohydraté.* — Ce corps a été découvert, paraît-il, par Basile Valentin qui vivait au xv^e siècle; toutefois, dès le x^e siècle, Albert le Grand le décrivait d'une façon non douteuse sous le nom de *soufre des philosophes*. On le désigna longtemps sous le nom d'*huile de vitriol*, à cause de sa consistance oléagineuse et aussi parce qu'on l'obtenait par la calcination du sulfate de fer appelé alors *vitriol vert*.

L'acide sulfurique ordinaire est un liquide incolore et inodore. Sa densité est 1,843. Il bout à 325 degrés, il se solidifie à — 34 degrés. Il a pour formule $SO^3,HO$. Toutefois, il résulte des expériences récentes de M. de Marignac, que l'acide des arts purifié renferme un douzième d'équivalent d'eau de plus que ne le comporte la formule précédente.

(1) Voy. les n^os 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'*eau*), 23, 28, 31 (conférence de M. Riche, sur l'*air*), 36, 39 et 41.

Digitized by Google

L'acide sulfurique exactement monohydraté, s'obtient en ajoutant une très-petite quantité d'acide anhydre à de l'acide sulfurique ordinaire ou *normal* refroidi au-dessous de zéro. Il se produit aussi en congelant l'acide normal à plusieurs reprises et à des températures de plus en plus basses. — Ce monohydrate a une densité un peu supérieure à celle de l'acide normal, il se solidifie à 10°,5 et bout à 338 degrés.

L'acide sulfurique en vapeur est décomposé par son passage au travers d'un tube chauffé au rouge; les produits de la décomposition sont de l'acide sulfureux, de l'eau et de l'oxygène.

$$SO^3,HO = HO + O + SO^2.$$

Si cette vapeur est mêlée à un excès d'hydrogène on obtient de l'eau et du soufre :

$$SO^3,HO + 3H = 4HO + S.$$

Il se forme aussi de l'hydrogène sulfuré; mais il est détruit par la chaleur.

Le phosphore, le carbone et en général les corps avides d'oxygène ramènent, en s'oxydant, l'acide sulfurique à l'état d'acide sulfureux.

Parmi les métaux, les uns décomposent l'eau pour former des sulfates, en dégageant de l'hydrogène; tel est le zinc :

$$Zn + SO^3,HO = ZnO,SO^3 + H.$$

D'autres métaux, comme le plomb, le cuivre, le mercure et l'argent, décomposent l'acide sulfurique sous l'influence de la chaleur et le transforment en acide sulfureux pour donner du sulfate avec l'acide non décomposé :

$$Cu + 2(SO^3,HO) = CuO,SO^3 + 2HO + SO^2.$$

L'or, le platine et les métaux qui l'accompagnent sont sans action sur lui. Il détruit rapidement les matières organiques en s'emparant de leur eau; il décompose les membranes animales et agit comme un violent poison. L'oxygène et l'hydrogène que forment les matières organiques s'unissent à l'état d'eau, et le carbone mis en liberté apparaît avec sa couleur et ses propriétés. C'est le plus énergique des acides connus : étendu de mille fois son volume d'eau, il communique encore à la teinture de tournesol la nuance pelure d'oignon, qui caractérise les acides forts. Cette acidité considérable disparaît lorsqu'on abaisse la température vers — 40 degrés.

L'acide sufurique décompose les carbonates, les chlorures et les azotates; mais il est déplacé par les acides phosphorique, borique et silicique, plus fixes que lui. Un des traits les plus saillants de son histoire est l'affinité considérable qu'il possède pour l'eau. Nous pouvons constater cette affinité directement, en le mêlant à l'eau; le dégagement de chaleur est tel, que le liquide est porté à plus de 100 degrés, si l'on emploie quatre parties d'acide pour une seule partie d'eau. Nous sommes obligé pour faire ce mélange de prendre certaines précautions; il doit être fait avec lenteur et en versant l'acide dans l'eau : si l'on faisait l'inverse, l'eau entrerait rapidement en vapeur et il y aurait projection violente d'acide.

L'acide sulfurique mélangé avec de la neige ou de la glace produit de la chaleur ou du froid, selon les proportions relatives d'acide et de neige employées. Si l'on prend 4 parties de neige et 1 partie d'acide, la glace fond, comme vous le voyez et la température s'abaisse de 16 à 20 degrés au-dessous du zéro. Pourquoi cet abaissement de température avec la neige, tandis qu'avec l'eau nous avons eu un dégagement de chaleur si considérable? C'est que la glace a absorbé pour se fondre une grande quantité de chaleur qu'elle a dû prendre au mélange. Mélangeons au contraire 4 parties d'acide et 1 partie de glace; la température s'élève à 90 degrés. La glace, pour se fondre, a encore absorbé du calorique mais en faible proportion; le refroidissement a donc été moins intense que la chaleur produite par la combinaison. L'acide sulfurique forme avec l'eau quatre hydrates bien définis :

1° Un *bihydrate* $SO^3,2HO$, cristallisant vers zéro en prismes hexagonaux, incolores, qui fondent à + 8°,5.

2° Un *trihydrate* $SO^3,3HO$; car le maximum de contraction a lieu en mêlant une partie d'acide anhydre à 3 parties d'eau.

3° Un *semihydrate* $2(SO^3),HO$; en abaissant vers zéro la température de l'acide de Nordhausen, il se forme de petits cristaux incolores, fondant à 35 degrés.

4° Enfin un *monohydrate* qui est l'acide ordinaire ou anglais; c'est le véritable hydrate, car c'est le plus stable, et de plus quel que soit l'hydrate employé, *un seul* équivalent d'eau est remplacé par la base vis-à-vis de $SO^3$, et les autres sont éliminés sans substitution d'une quantité équivalente de base.

L'acide sulfurique, avons-nous dit, est un acide énergique; il s'unit aux bases mais ne forme le plus souvent avec elles qu'une seule série de sels; ce sont les sulfates neutres, dans lesquels le rapport de l'oxygène de l'acide à l'oxygène de la base est de 3 à 4. Il donne avec quelques bases d'autres sels dans lesquels il entre une proportion d'acide sulfurique double de la précédente : on les appelle *bisulfates*, mais leur analyse montre qu'ils renferment un équivalent d'eau, de telle sorte que le bisulfate de potasse, par exemple, a pour formule : $KO,HO,2SO^3$.

*Composition de l'acide sulfurique.* — Un moyen bien simple s'offre naturellement à nous pour déterminer cette composition. Prenons en effet un poids connu de soufre et traitons-le par l'acide azotique bouillant: il se formera de l'acide sulfurique; si maintenant nous ajoutons dans la liqueur un poids également connu d'oxyde de plomb, et si nous calcinons pour chasser l'excès d'acide azotique, il nous restera un mélange de sulfate de plomb anhydre et d'oxyde de plomb en excès. La différence entre le poids de ce mélange et celui du soufre et de l'oxyde de plomb donne la quantité d'oxygène qui s'est combiné avec le soufre pour former l'acide sulfurique. On trouve ainsi que 100 parties d'acide sulfurique sont formées de

40,00..... soufre.
60,00..... oxygène.

ce qui correspond à

16 = 1 équivalent de soufre.
24 = 3 équivalents d'oxygène.
40 = 1 équivalent d'acide sulfurique.

Ce résultat est confirmé par la décomposition de l'acide sulfurique anhydre en 2 volumes d'acide sulfureux et 1 volume d'oxygène.

La formule $SO^3$ représente 2 volumes de vapeur, car si l'on ajoute

| | |
|---|---|
| La densité de vapeur de soufre..... | 2,22 |
| Au triple de la densité de l'oxygène (1,105 × 3). | 3,315 |
| On obtient le nombre..... | 5,535 |

dont la moitié 2,7675 est sensiblement égale au nombre 2,763 qui représente la densité de vapeur de l'acide sulfurique anhydre prise directement. Quant à la quantité d'eau contenue

Digitized by Google

dans les divers hydrates de l'acide sulfurique, on la détermine en chauffant un poids connu de cet acide, avec un excès d'oxyde de plomb également pesé à l'avance. On calcine ce mélange et la perte de poids fait connaître la quantité d'eau contenue dans l'acide essayé. On trouve ainsi que 612,5 d'acide monohydraté perdent 112,5 d'eau ou 18,3 pour 100, ce qui correspond à la formule $SO^3HO$.

*Fabrication de l'acide sulfurique.*— La fabrication de l'acide sulfurique est arrivé aujourd'hui au plus haut degré de perfectionnement. On obtient en effet sensiblement le rendement assigné par la théorie. Le principe de cette fabrication est l'union de l'oxygène de l'air à l'acide sulfureux, avec le concours de la vapeur d'eau ; toutefois comme la réaction serait trop lente, on se sert d'un intermédiaire qui, puisant l'oxygène dans l'air, le cède à l'acide sulfureux; cet intermédiaire est l'acide azotique.

Afin de rendre la théorie de cette fabrication facile à comprendre, nous rappellerons les réactions suivantes :

1° Le soufre chauffé à l'air se change en acide sulfureux.

2° L'acide sulfureux décompose l'acide azotique pour former de l'acide sulfurique et de l'acide hypoazotique :

$$SO^2 + AzO^5,HO = SO^3,HO + AzO^4.$$

3° L'acide hypoazotique, dans son contact avec l'eau, se change en bioxyde d'azote et en acide azotique :

$$3AzO^4 + 2HO = 3(AzO^5,HO) + AzO^2.$$

4° Le bioxyde d'azote en présence de l'air régénère l'acide hypoazotique :

$$AzO^2 + O^2 = AzO^4.$$

Comme l'acide hypoazotique reproduit l'acide azotique sous l'influence de l'eau, il en résulte qu'une quantité définie d'acide azotique pourrait convertir en acide sulfurique une quantité indéfinie d'acide sulfureux, s'il était possible d'éviter les pertes qui se produisent toujours dans l'industrie. Une des grandes préoccupations du fabricant doit être de perdre le moins possible de vapeurs nitreuses; ces vapeurs se trouvent en effet entraînées continuellement dans la cheminée de l'usine, et l'on est obligé de les remplacer sans cesse par de nouvel acide nitrique. La perte d'acide hypoazotique est encore due à l'insuffisance de la vapeur d'eau ; il se forme dans ce cas de l'acide azoto-sulfurique $S^2AzO^9$. Cette formation a lieu d'après les équations suivantes :

1° L'acide hypoazotique en réagissant sur l'acide sulfurique peut donner naissance à de l'acide azotique et à de l'acide azoto-sulfurique :

$$2AzO^4 + 2SO^3,HO = AzO^5,2HO + S^2AzO^9.$$

2° L'acide azoto-sulfurique se produit aussi, comme on l'a vu par l'action de l'acide sulfureux sur l'acide hypoazotique :

$$2SO^2 + 2AzO^4 = S^2AzO^9 + AzO^3.$$

Mais si l'eau se trouve en quantité suffisante l'acide azoto-sulfurique est détruit et donne:

$$3S^2AzO^9 + 7HO = 6SO^3,HO + AzO^5,HO + 2AzO^2.$$

Voici un appareil qui nous a permis de mettre en évidence les réactions précédentes, et dans lequel on a produit en petit les réactions qui se passent en grand dans la fabrication. Cet appareil permet également d'obtenir les *cristaux des chambres de plomb* ou acide azoto-sulfurique. C'est un ballon de 15 à 20 litres dans lequel pénètrent quatre tubes qui le mettent en communication avec l'air, avec un ballon produisant de la vapeur d'eau, et enfin avec deux autres vases producteurs de bioxyde d'azote et d'acide sulfureux. Le ballon se tapisse bientôt de cristaux blancs qui disparaissent dès que l'on y fait arriver la vapeur d'eau.

Ceci posé, indiquons d'une manière rapide la disposition de l'appareil employé dans les arts.

Il y a quatre-vingts ans, la fabrication s'opérait dans une longue série de ballons de verre où l'on enflammait successivement un mélange de soufre et de nitre. Aujourd'hui l'on se sert d'immenses chambres de plomb dont la capacité, très-variable du reste, a été portée au delà de 3000 mètres cubes. La disposition généralement employée autrefois était la suivante : on brûlait le soufre sur la sole de deux fourneaux accouplés; la chaleur qui résulte de cette combustion est utilisée pour le chauffage de deux chaudières qui envoient de la vapeur d'eau dans toutes les chambres.

L'air et l'acide sulfureux entrent dans une première caisse contenant des tablettes de plomb sur lesquelles tombe de l'acide sulfurique chargé de produits nitreux dont j'indiquerai bientôt la provenance. De là les vapeurs nitreuses mêlées d'air et d'acide sulfureux passent dans une seconde chambre de plomb, appelées *dénitrificateur*, où elles réagissent en présence de l'eau.— Dans la troisième chambre qui vient après coule un mince filet d'acide nitrique, tombant sans cesse en cascade sur des étagères de briques. Vient ensuite la grande chambre où se passe la majeure partie de la réaction; son sol est plus bas que celui des deux autres, de sorte que tout l'acide formé s'y accumule.

La réaction y est très-vive ; les parois s'échauffent et les gaz arrivent dans une quatrième chambre où ils se refroidissent et où leur réaction s'achève.— Enfin tout l'appareil est terminé par une caisse remplie de coke sur lequel tombe de l'acide sulfurique à 62 ou 64 degrés, dans le but d'absorber l'acide hypoazotique qui n'a pas réagi; c'est cet acide que nous avons mis tout à l'heure dans la première caisse, et à travers lequel passe le mélange d'air et d'acide sulfureux.

Plusieurs modifications importantes ont été apportées aux dispositions précédentes : nous venons de voir que l'acide arrive dans la seconde chambre à l'état liquide; à cet état, il se mêle difficilement à l'air, à l'eau et à l'acide sulfureux qui sont à l'état gazeux ; une partie disparaît même dans l'acide sulfurique formé et ne produit aucun effet utile. On évite cet inconvénient en plaçant dans les fours à soufre des terrines de fonte contenant un mélange de nitrate de soude et d'acide sulfurique, mélange qui dégage de l'acide nitrique et des vapeurs nitreuses qui sont entraînées à l'état de gaz dans le torrent de la circulation. Un autre perfectionnement de la plus haute importance est le remplacement du soufre par la pyrite de fer. C'est même à l'emploi de ces pyrites que nous devons la découverte du sélénium par Berzelius, et celle du thallium par M. Crookes.

L'acide recueilli dans les chambres est loin d'avoir le degré exigé par l'industrie. Il ne marque guère que 50 à 55 degrés à l'aréomètre. Il doit être porté par la concentration au titre commercial de 66 degrés. Cette concentration est commencée dans des chaudières de plomb soutenues par des plaques de fonte; mais on ne peut dans de pareils vases dépasser 60 à 62 degrés aréométriques, car alors le plomb est attaqué.

La concentration est terminée dans des alambics de platine, pouvant contenir 150 à 200 kilogrammes d'acide et

Digitized by Google

coûtant 20 à 30 000 francs chacun. Dans ces alambics on ne distille pas l'acide sulfurique lui-même, mais on enlève par distillation l'eau qu'il contient en excès, et l'on retire au moyen d'un siphon l'acide concentré restant dans la cucurbite. Il marque alors 66 degrés, c'est l'acide sulfurique monohydraté des arts. On le reçoit dans de grands vases de verre ou de grès qui portent le nom de *dames-jeannes*, *bombonnes* ou *tourilles*.

Ainsi obtenu, l'acide sulfurique n'est pas pur; il renferme souvent 3 pour 100 d'impuretés, qui sont du sulfate de plomb, des vapeurs nitreuses et de l'acide arsénique, si l'on a employé les pyrites.

On reconnaît le sulfate de plomb en étendant d'eau l'acide sulfurique; ce sel se précipite; on l'enlève complétement par un courant de gaz sulfhydrique qui précipite aussi l'arsenic.

La présence de l'arsenic se constate, du reste, à l'aide de l'appareil de Marsh. Les composés nitreux sont mis en évidence à l'aide du sulfate de protoxyde de fer réduit en poudre fine, et qui prend alors une teinte rose ou brune. L'indigo est encore un très-bon réactif; il se décolore instantanément sous l'influence des vapeurs nitreuses. Pour s'en débarrasser, on distille l'acide avec 1 ou 2 grammes de sulfate d'ammoniaque, qui se décompose et réduit les composés nitreux à l'état d'azote et d'eau :

$$AzH^3,HO,SO^3 + AzO^3 = 2Az + SO^3,4HO.$$

Quant à l'arsenic, le plus souvent on l'enlève en distillant l'acide avec du sulfure de baryum qui forme du sulfate de baryte et du sulfure d'arsenic insolubles. Mais il vaut mieux faire passer un courant d'hydrogène sulfuré dans l'acide étendu de deux fois son volume d'eau. On laisse déposer les sulfures pendant dix à douze heures, on décante et l'on distille, en rejetant les premières portions qui renferment l'eau et l'hydrogène sulfuré. La distillation de l'acide sulfurique est dangereuse; on évite les soubresauts qui se produisent en distillant l'acide au moyen d'une grille circulaire. La cornue est placée dans le compartiment du milieu, et le charbon allumé dans la partie annulaire extérieure. On peut, du reste, éviter l'emploi de cet appareil en distillant l'acide sulfurique dans une cornue de 1 à 2 litres dans laquelle on a placé quelques fils de platine ou quelques fragments de pierre ponce calcinée.

L'acide sulfurique, dont l'étude vient de nous occuper si longuement, se rencontre rarement dans la nature à l'état libre; on a signalé cependant sa présence dans la pluie qui tombe dans les grands centres manufacturiers, comme à Manchester, où l'on en trouve 1 centigramme par litre. Plusieurs cours d'eau en renferment également. Ainsi, 1 litre d'eau du rio Vinagre (Amérique du Sud) en contient 2 grammes environ, et 1 litre d'eau de Tuscarora, près Brantford (Amérique), en donne plus de 4 grammes. A l'état de combinaison, au contraire, c'est un des corps qu'on trouve le plus abondamment; le sulfate de chaux notamment forme dans le sol des masses considérables.

L'acide sulfurique a des usages très-nombreux et est employé dans presque toutes les industries chimiques; les plus importantes de toutes, celles de l'acide nitrique, de l'acide chlorhydrique et de la soude artificielle, en exigent d'énormes quantités; en outre, il sert à la préparation de l'alun, du sulfate de fer, du chlore, du phosphore, de la glycose, des éthers, des bougies stéariques, à la purification de certaines huiles, etc., etc. C'est enfin le réactif le plus employé dans les laboratoires de chimie. La France consomme annuellement plus de 70 000 000 kilogrammes d'acide sulfurique.

### Acide hyposulfurique ou dithionique.

Cet acide a été découvert en 1819, par Gay-Lussac et Welter. Il appartient, comme je vous l'ai déjà dit dans une de mes précédentes leçons, à la série thionique, et a pour formule : $S^2O^5$. Il n'est pas connu à l'état anhydre, car il se décompose dès qu'on évapore sa solution concentrée. Son hydrate est liquide, incolore, fortement acide. Les corps oxydants, tels que l'oxygène, le chlore, l'acide azotique, ne lui font subir aucune modification à froid; mais à la température de l'ébullition, ces agents le transforment en acide sulfurique. Il s'unit aux bases et forme avec elles des sels solubles dans l'eau, parfaitement cristallisés et très-peu altérables. Ce dernier caractère sert à distinguer les dithioniates des sulfites, qui s'oxydent avec la plus grande facilité.

L'analyse des hyposulfates se fait en calcinant un poids connu d'hyposulfate de baryte. Il se dégage de l'acide sulfureux et il reste du sulfate de baryte qu'on pèse. La différence de poids indique la quantité d'acide sulfureux qui s'est dégagée.

La composition de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique étant connue, on en déduit la quantité de soufre et d'oxygène qui sont dans le poids d'hyposulfate employé, et par une simple proportion les quantités de soufre et d'oxygène qui sont unies pour saturer l'équivalent de la baryte. On a trouvé ainsi que 32 de soufre ou 2 équivalents étaient unis à 40 d'oxygène ou 5 équivalents. La formule des hyposulfates est donc $MO,S^2O^5$, et celle de l'acide hyposulfurique $S^2O^5$.

L'acide dithionique prend naissance quand on fait passer un courant d'acide sulfureux dans de l'eau tenant en suspension du peroxyde de manganèse finement pulvérisé. Voici la réaction :

$$3SO^2 + 2MnO^2 = MnO,S^2O^5 + MnO,SO^3.$$

La liqueur doit être maintenue froide, car la quantité de sulfate croît avec la température. Vers 100 degrés, on n'obtiendrait plus que du sulfate. La liqueur est ensuite traitée par la baryte, qui précipite le protoxyde de manganèse et l'acide sulfurique à l'état de sulfate. L'hyposulfate de baryte qui est soluble reste en dissolution :

$$MnO,S^2O^5 + MnO,SO^3 + 2BaO = 2MnO + BaO,S^2O^5 + BaO,SO^3.$$

Il suffit maintenant de verser lentement de l'acide sulfurique dans la liqueur pour obtenir l'acide dithionique pur. La dissolution est ensuite évaporée dans le vide jusqu'à la densité de 1,347. Au delà de ce point, l'acide hyposulfurique hydraté qu'elle contient se décompose, comme l'indique la réaction suivante :

$$S^2O^5 = SO^2 + SO^3.$$

ED. ANTELME, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

*En vente aujourd'hui :*

CL. BERNARD. LEÇONS SUR LES PROPRIÉTÉS DES TISSUS VIVANTS faites à la Sorbonne pendant l'année 1864, rédigées par M. ÉMILE ALGLAVE. 1 fort vol. in-8, avec 94 figures dans le texte. 8 fr.

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 44. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 30 SEPTEMBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences.**

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique végétale.** — Cours de **M. Georges Ville** : Les hydrates de carbone (suite). — Théorie chimique de la nutrition végétale.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : Le système nerveux chez les Batraciens et les Reptiles.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : Acides hyposulfureux et sulfhydrique ; sélénium et tellure.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : Peuplement de la Nouvelle-Zélande, de Tahiti et des Sandwich.

Paris, 29 septembre 1865.

Lundi, 18 septembre, l'Académie des sciences a reçu le commencement d'un important travail de M. Pasteur sur la maladie des vers à soie. S'attachant à la recherche des corpuscules microscopiques qui avaient déjà été signalés chez ces insectes, M. Pasteur a exécuté de nombreuses recherches sur des vers à soie sains et sur des vers à soie malades, soit à l'état de chenille, soit à l'état de chrysalide, soit à l'état de papillon. Il a trouvé, en effet, des corpuscules microscopiques, surtout chez les papillons et les chenilles marqués de petites taches noires ; il suppose, sans l'affirmer positivement, que ces corpuscules ne sont ni des végétaux ni des animaux, mais ressemblent plus ou moins à des tubercules cancéreux. On les rencontre surtout à profusion dans les matières adipeuses placées sous l'enveloppe cutanée, et certaines circonstances donneraient à croire qu'ils sont peut-être sécrétés dans des cellules anormales. La présence des corpuscules est le signe physique de la maladie ; mais ils ne se rencontrent pas toujours chez les chenilles qui portent en elles le germe du mal ; au contraire, les chrysalides et les papillons en ont toujours quand ils sont atteints. C'est donc plutôt sur les chrysalides qu'il faudrait tâcher d'agir pour leur permettre de subir régulièrement les diverses phases de leur existence, d'autant plus qu'ils présentent des conditions d'inertie facilitant l'exécution des expériences. Pour se procurer des graines saines, M. Pasteur indique un moyen infaillible, mais qui n'est peut-être pas d'une application fort aisée, ce serait de séparer chaque couple après l'accouplement, et lorsque la femelle a pondu ses œufs de l'ouvrir pour l'examiner au microscope et chercher si ses tissus ne contenaient pas de corpuscules. Si l'on n'en trouve ni dans son corps ni dans celui du mâle, on est assuré d'avoir de la graine saine. Mais l'examen microscopique de la graine elle-même ne suffirait pas, car la graine peut très-bien porter en elle le germe de la maladie sans qu'on y trouve pour cela aucun corpuscule ; c'est même de beaucoup le cas le plus général.

M. Payen a présenté, sur l'iodure de potassium, un travail étendu dont il a terminé la lecture dans la séance suivante, lundi dernier ; il démontre que l'iodure de potassium, tel qu'on le trouve dans les pharmacies, contient toujours diverses impuretés, notamment du carbonate de potasse dont la proportion varie de 2 1/2 à 6 pour 100 ; il examine ensuite l'action de l'iodure de potassium sur diverses substances, notamment l'amidon, la dextrine, la cellulose, etc.

Signalons encore une note de M. de Luynes, sur un nouveau mode de préparation de l'acide pyrogallique qui permet d'obtenir un rendement double de celui que fournissent les anciens procédés ; — une nouvelle communication de M. Faye, sur les variations de la rotation



Digitized by Google

solaire; — une note sur les étamages et les poteries d'étain employées dans les hôpitaux, établissant que, contrairement aux règlements, ils contiennent toujours des quantités notables de plomb, au lieu d'être constitués par de l'étain pur; — un mémoire montrant qu'on peut obtenir des éthers par la réaction de l'acide acétique anhydre sur des matières neutres (amidon, cellulose, etc.); — enfin, un travail de M. Gaudin sur la représentation en relief des molécules chimiques; ce travail est accompagné de la représentation de la molécule chlorostrychnique, une des plus compliquées de la chimie. M. Dumas fait remarquer que ces représentations schématiques ont une importance plus grande qu'on ne serait tenté de le croire au premier abord, car les nécessités de leur construction ont quelquefois forcé à introduire dans les formules chimiques des modifications dont on a pu ensuite constater la conformité avec les faits.

Depuis deux mois, l'Académie des sciences, comme l'Académie de médecine, reçoivent chaque semaine plusieurs mémoires sur le choléra. Dans cette séance, l'avalanche était un peu plus forte que d'ordinaire; malheureusement la qualité n'est pas en rapport avec la quantité, et tous ces mémoires ne sont guère remplis que d'hypothèses très-hasardées et de traitements insignifiants ou déjà condamnés par l'expérience; aucun des auteurs n'a fait d'analyse de l'air dans les lieux infectés par l'épidémie, aucun n'a cherché s'il ne se trouverait point quelque part des corpuscules microscopiques qui rendraient peut-être compte de la maladie. M. Coste remarque que, pour faire cesser cette pluie de mémoires, il conviendrait peut-être de nommer, dans le sein de l'Académie, une commission qui irait étudier le choléra sur les lieux où il règne actuellement. Les progrès nouveaux de la physiologie permettent de tenter bien des expériences qui auraient été complétement impossibles il y a vingt ou trente ans; on peut aujourd'hui, à son gré, supprimer tout mouvement avec le curare, endormir la sensibilité avec les agents anesthésiques, paralyser certains organes déterminés avec d'autres substances. La science commence à pénétrer dans le mécanisme de la vie et cherche à le faire agir à son gré. Des expériences sur des cholériques, convenablement instituées, produiraient donc sans doute d'heureux résultats et permettraient peut-être de modifier plus ou moins profondément les phénomènes morbides qui se passent chez eux.

ÉMILE ALGLAVE.

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### PHYSIQUE VÉGÉTALE (1).

COURS DE M. GEORGES VILLE.

V.

**Hydrates de carbone (suite). — Théorie chimique de la nutrition végétale.**

Messieurs,

Nous sommes parvenus à cette conclusion, que tous les hydrates de carbone sont des produits isomères qui peuvent être représentés par la formule générale $C^{12}(HO)^{12}$. Dire que des corps sont isomères, c'est affirmer qu'ils ont la même composition, et ne diffèrent les uns des autres que par l'arrangement intérieur de leurs éléments.

Pour se faire une idée exacte des rapports qui rattachent ces corps entre eux, il faut avant toute chose définir dans son essence chimique la glucose de laquelle tous dérivent.

Il vous souvient, messieurs, que nous avons expliqué la formation des éthers par la déshydratation des alcools, et la condensation, en un même groupe, de deux molécules d'alcool déshydraté ; qu'il me soit permis de placer sous vos yeux la formule qui exprime cette réaction fondamentale :

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} C^4H^6O^2 \\ C^4H^6O^2 \end{matrix}\right\}}_{\text{Alcool.}} - 2HO = \underbrace{\left\{\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^4H^5 \end{matrix}\right\} O^2}_{\text{Éther.}}.$$

Si l'on opère sur un seul alcool, on dit qu'il se forme un éther simple; mais si l'on opère sur deux alcools différents, il se forme au contraire un éther mixte. Je puis vous citer, comme exemple, la production de l'éther amyléthylique, obtenu, comme son nom l'indique, à l'aide de l'alcool ordinaire et de l'alcool amylique, et comme l'exprime la réaction suivante, qui correspond de tout point à la précédente :

$$\left.\begin{matrix} \underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool éthylique.}} \\ \underbrace{C^{10}H^{12}O^2}_{\text{Alcool amylique.}} \end{matrix}\right\} - 2HO = \underbrace{\left\{\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^{10}H^{11} \end{matrix}\right\} O^2}_{\text{Éther amyléthylique.}}.$$

Au lieu d'opérer sur deux alcools différents, opère-t-on à la fois sur un alcool et sur un acide, l'acide acétique par exemple? au lieu d'un éther simple, il se forme alors un éther composé : la réaction est la même que précédemment, l'alcool $C^4H^6O^2$ et l'acide acétique $C^4H^4O^4$ perdent chacun de leur côté 1 équivalent d'eau, et les deux groupes restants, $C^4H^5O$, $C^4H^3O^3$, se combinent et nous ramènent à la même réaction :

$$\left.\begin{matrix} \underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} - HO \\ \underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Acide acétique.}} - HO \end{matrix}\right\} = \underbrace{\left\{\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^4H^3 \end{matrix}\right\} O^4}_{\text{Éther acétique.}}.$$

Les alcools sont donc susceptibles de se combiner avec les acides, comme le feraient de véritables bases, car si l'on remplace l'alcool par l'hydrate de potasse, dans la réaction précédente, elle reste exactement la même et le produit est de l'acétate de potasse :

(1) Voy. les nos 32, 36, 38 et 39. — Dans la 4e leçon, n° 39, page 646, 2e colonne, ligne 11, au lieu de : *prussique*, lisez : *formique*. — Même page et même colonne, ligne 2 et ligne 6 en remontant, au lieu de : *Adragant*, lisez : *adragante*. — Page 647, 2e colonne, ligne 6, au lieu de : *il passe*, lisez : *ils passent*.

Digitized by Google

$$\left.\begin{array}{l}\underbrace{KHO^2 - HO}_{\text{Hydrate de potasse.}} = KO \\ \underbrace{C^4H^4O^4 - HO}_{\text{Acide acétique.}} = C^4H^3O^3\end{array}\right\} = \underbrace{\left\{\begin{array}{c}K \\ C^4H^3\end{array}\right\}O^4.}_{\text{Acét. de potasse.}}$$

Ajoutons enfin que les alcools peuvent se combiner avec les bases, comme ils se combinent avec les acides, c'est-à-dire en changeant 1 équivalent d'eau pour 1 équivalent de base :

$$\left.\begin{array}{l}\underbrace{C^4H^6O^2 - HO}_{\text{Alcool.}} \\ \underbrace{KHO^2 - HO}_{\text{Hydr. de potasse.}}\end{array}\right\} = \underbrace{\left\{\begin{array}{c}C^4H^5 \\ K\end{array}\right\}O^2.}_{\text{Alcool potassé.}}$$

Les alcools sont donc essentiellement caractérisés par la faculté d'échanger 1 équivalent d'eau contre un groupe organique ou minéral, qui résulte lui-même de la déshydratation d'un alcool, d'un acide ou d'une base. Voilà assurément une classe de corps bien définis par des propriétés aussi nettes que tranchées.

Le nombre des alcools connus est considérable et s'accroît tous les jours; je vous citerai les principaux :

| | |
|---|---|
| Alcool méthylique..... | $C^2H^4O^2$. |
| Alcool de vin ou éthylique... | $C^4H^6O^2$. |
| Alcool propylique..... | $C^6H^8O^2$. |
| Alcool butylique..... | $C^8H^{10}O^2$. |
| Alcool amylique..... | $C^{10}H^{12}O^2$. |
| Alcool caprylique..... | $C^{16}H^{18}O^2$. |
| Alcool étholique..... | $C^{32}H^{34}O^2$. |
| Alcool mélissique..... | $C^{60}H^{62}O^3$. |

Ces alcools forment ce que les chimistes appellent la série alcoolique fondamentale. Il en existe d'autres, répondant à des formules générales différentes quant aux rapports du carbone et de l'hydrogène, mais qui contiennent toujours, comme les précédents, 2 équivalents d'oxygène, dont un seul, nous ne saurions trop le répéter, peut être déplacé à l'état d'eau, caractère qui a valu à cette classe d'alcools le nom d'alcools monoatomiques. Fixons, par un exemple qui vous est maintenant familier, le vrai sens de cette qualification.

Vous savez qu'à ne considérer dans les acides que la quantité de base avec laquelle ils se combinent, on trouve que cette quantité est variable, certains acides étant aptes à se combiner avec un seul équivalent de base, alors que d'autres en exigent plusieurs pour être saturés. Malgré ces dissemblances, la saturation des acides par les bases présente un caractère commun : pour chaque équivalent de base qu'ils fixent, les acides perdent 1 équivalent d'eau. L'acide ne peut-il saturer qu'un seul équivalent de base, il ne perd qu'un seul équivalent d'eau, ce que l'on exprime en disant qu'il ne contient qu'un seul équivalent d'eau mobile, et qu'il est monobasique :

$$\underbrace{\left\{\begin{array}{c}C^4H^3 \\ H\end{array}\right\}O^4.}_{\text{Acide acétique.}} \qquad \underbrace{\left\{\begin{array}{c}C^4H^3 \\ M\end{array}\right\}O^4.}_{\text{Acétates.}}$$

Vous voyez que cette réaction correspond de tout point à la formation de l'éther acétique.

Il est évident que les acides polybasiques peuvent former un plus grand nombre de sels que les acides monobasiques, puisqu'on peut y faire entrer une ou plusieurs molécules de la même base, ou de plusieurs bases à la fois.

Tout ici est si important, que malgré la longueur et la multiplicité des citations, j'ai besoin de fixer par leurs formules les sels qui peuvent dériver des acides bi et tribasiques.

*Sels qui dérivent des acides bibasiques.*

Acide succinique $C^8H^6O^8 = \left\{\begin{array}{c}C^8H^4 \\ H^2\end{array}\right\}O^8.$

Succinates neutres.... $= \left\{\begin{array}{c}C^8H^4 \\ M^2\end{array}\right\}O^8.$

Succinates doubles..... $= \left\{\begin{array}{c}C^8H^4 \\ M \\ M'\end{array}\right\}O^8.$

Succinates acides..... $= \left\{\begin{array}{c}C^8H^4 \\ M \\ H\end{array}\right\}O^8.$

*Sels qui dérivent des acides tribasiques.*

Acide citrique $C^{12}H^8O^{14} = \left\{\begin{array}{c}C^{12}H^5 \\ H \\ H \\ H\end{array}\right\}O^{14}.$

Citrates neutres..... $= \left\{\begin{array}{c}C^{12}H^5 \\ M^3\end{array}\right\}O^{14}.$

Citrates doubles... ... $= \left\{\begin{array}{c}C^{12}H^5 \\ M^2 \\ M'\end{array}\right\}O^{14}.$

Citrates triples..... $= \left\{\begin{array}{c}C^{12}H^5 \\ M \\ M' \\ M''\end{array}\right\}O^{14}.$

Citrates acides..... $= \left\{\begin{array}{c}{}^{12}H^5 \\ M^2 \\ H\end{array}\right\}O^{14}.$

Citrates biacides..... $= \left\{\begin{array}{c}C^{12}H^5 \\ M \\ H^2\end{array}\right\}O^{14}.$

Or maintenant que j'ai rigoureusement fixé le caractère des acides mono et polybasiques, je puis ajouter qu'il existe pareillement des alcools polyatomiques contenant comme ces derniers plusieurs molécules d'eau mobile, en quoi ils diffèrent des alcools monoatomiques qui n'en contiennent qu'une seule.

Les alcools monoatomiques ne peuvent former qu'une seule classe d'éthers, alors que les alcools polyatomiques peuvent en former plusieurs. A chaque molécule d'eau déplacée correspond un éther différent.

Qu'il me soit donc permis, pour ne rien laisser dans le vague, de vous citer un exemple de ces remarquables formations.

Je prendrai la glycérine, qui est un alcool triatomique.

Glycérine ..... $C^6H^8O^6 = \left\{\begin{array}{c}C^6H^5 \\ H^3\end{array}\right\}O^6.$

Monoacétine..... $C^{10}H^{10}O^8 = \left\{\begin{array}{c}C^6H^5 \\ C^4H^3O^2 \\ H^2\end{array}\right\}O^6.$

Diacétine ..... $C^{14}H^{12}O^{10} = \left\{\begin{array}{c}C^6H^5 \\ C^4H^3O^2 \\ C^4H^3O^2 \\ H\end{array}\right\}O^6.$

Triacétine ..... $C^{18}H^{14}O^{12} = \left\{\begin{array}{c}C^6H^5 \\ C^4H^3O^2 \\ C^4H^3O^2 \\ C^4H^3O^2\end{array}\right\}O^6.$

Digitized by Google

Mais un caractère sur lequel nous ne saurions trop insister, c'est que tant qu'un alcool polyatomique n'a perdu qu'une partie de son eau mobile, il conserve la capacité fonctionnelle des alcools ; seulement, s'il appartenait à l'origine à la classe des alcools triatomiques, et qu'il ait perdu une molécule d'eau, il descend au rang des alcools biatomiques et à celui d'alcool monoatomique s'il a perdu 2 molécules d'eau.

J'ai pris la glycérine comme exemple, pour vous exposer le mécanisme remarquable des formations de plus en plus complexes, qui résultent de ces propriétés des alcools, parce que la glycérine est un des alcools polyatomiques les mieux connus, et que la composition des produits qui en dérivent a été déterminée avec le plus grand soin.

Si j'ajoute maintenant que la glucose est un alcool hexatomique, d'une atomicité conséquemment double de celle de la glycérine, et que le sucre de canne, la dextrine, les gommes, l'amidon et la cellulose sont des éthers de plus en plus condensés de cet alcool, c'est-à-dire, des éthers résultant du déplacement d'un nombre de plus en plus considérable de molécules d'eau au sein de la glucose ; vous apercevez, du même coup, pourquoi j'ai tant insisté sur les caractères des alcools, et comment les hydrates de carbone se rattachent aux composés artificiels les mieux définis par la science.

Je dis en premier lieu, que la glucose est un alcool hexatomique. En effet, si l'on chauffe un mélange de glucose et d'acide acétique dans l'intérieur d'un tube scellé à la lampe, où à l'action de la chaleur vient s'ajouter l'effet d'une forte pression, la glucose se transforme d'abord en glucosane par la perte de 2 molécules d'eau, puis cette dernière perd elle-même 6 molécules d'eau, et fixe à la place 6 molécules d'acide acétique, dont chacune perd pareillement une molécule d'eau :

$$\left.\begin{array}{l} \underbrace{C^{12}H^{10}O^{10}}_{\text{Glucosane.}} - \underbrace{6HO}_{\text{Eau.}} \\ \underbrace{6(C^4H^4O^4)}_{\text{Ac. acétique}} - \underbrace{6HO}_{\text{Eau.}} \end{array}\right\} = \underbrace{C^{36}H^{22}O^{22}}_{\text{Glucose hexacétique.}} = \left\{\begin{array}{l} C^{12}H^4 \\ C^4H^3O^2 \\ C^4H^3O^2 \\ C^4H^3O^2 \\ C^4H^3O^2 \\ C^4H^3O^2 \\ C^4H^3O^2 \end{array}\right\} O^{10}.$$

Je pourrais vous citer d'autres exemples de formations analogues, dans lesquelles une partie de l'eau seulement se trouve déplacée ; mais ces exemples, il vous est facile de les prévoir, ils n'ajouteraient rien à l'évidence du fait principal qu'il s'agissait de démontrer, à savoir que la glucose peut remplir les fonctions d'un alcool.

Le nombre des composés différents qu'un alcool de ce genre peut former, en se combinant avec les acides qui abondent dans les végétaux, est presque incalculable. La salicine, l'amygdaline, le tannin et ses congénères, reconnaissent cette origine, car tous produisent une ou plusieurs glucoses, lorsqu'on les soumet à des actions capables de les dédoubler.

Mais laissons de côté ces produits naturels, qui ont défié si longtemps la sagacité des chimistes, et que je ne rapporte qu'incidemment, pour revenir aux hydrates de carbone.

Je vous ai dit et répété plusieurs fois, que les alcools pouvaient se combiner entre eux, et qu'il résultait de ces combinaisons des éthers mixtes.

$$\left.\begin{array}{l} \underbrace{C^4H^6O^2 - HO}_{\text{Alcool éthylique.}} \\ \underbrace{C^2H^4O^2 - HO}_{\text{Alcool méthylique.}} \end{array}\right\} = \underbrace{\left\{\begin{array}{l} C^4H^5 \\ C^2H^3 \end{array}\right\} O^2.}_{\text{Éth. méthyléthyliq.}}$$

La glucose est apte à produire des combinaisons correspondantes ; en voici un exemple :

$$\left.\begin{array}{l} \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} \\ \underbrace{2C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} \end{array}\right\} - 6HO = \underbrace{\left\{\begin{array}{l} C^{12}H^8 \\ C^4H^5 \\ C^4H^5 \end{array}\right\} O^{10}.}_{\text{Éthylglucose.}}$$

Cette dernière classe de composés nous intéresse plus que toutes les autres, car elle nous mène droit aux hydrates de carbone, qu'il nous reste maintenant à définir dans leur nature et dans leur mode de formation.

Je dis, par exemple, que le sucre de canne est un éther composé, analogue au précédent. Pour vous en convaincre, il me suffira de traiter ce sucre par un acide dilué.

Au bout de vingt minutes, le sucre aura changé de nature, et nous trouverons à sa place deux glucoses ayant la même composition, mais de pouvoir rotatoire contraire. Cette réaction est intéressante au plus haut degré, en ce qu'elle justifie ce que nous venons de dire, à savoir que le sucre de canne était un éther composé, produit par deux alcools sucrés.

$$\left.\begin{array}{l} \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose droite.}} - \underbrace{HO}_{\text{Eau.}} = C^{12}H^{11}O^{11} \\ \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose gauche.}} - \underbrace{HO}_{\text{Eau.}} = C^{12}H^{11}O^{11} \end{array}\right\} = \underbrace{C^{24}H^{22}O^{22}.}_{\text{Sucre de canne.}}$$

Il est vrai qu'on n'a pas encore réussi à opérer la réaction inverse, c'est-à-dire à reformer du sucre de canne, à l'aide des deux glucoses qu'il est si facile d'en retirer. Mais cette preuve, que la chimie a été, jusqu'ici, impuissante à produire, tout nous semble indiquer que la végétation est appelée à la fournir.

Il résulte, en effet, des recherches de M. Joulie sur le sorgho sucré, que la tige de cette plante, produit, pendant la première période de sa croissance, les deux glucoses à pouvoir rotatoire opposé, que l'action des acides fait dériver du sucre de canne, et dont la quantité va toujours croissant jusqu'à la maturité de la graine, comme nous l'avons dit précédemment. La preuve qu'il se produit bien une véritable synthèse entre les deux glucoses, c'est qu'on trouve souvent dans le sorgho, indépendamment du sucre de canne, l'une des glucoses primitives. Or, il est bien évident que si la synthèse des deux glucoses se fait par équivalents égaux, celle qui dominait à l'origine doit conserver son premier état.

Tels sont, messieurs, les faits qui nous décident à considérer les glucoses comme de véritables alcools, et le sucre de canne, comme l'éther mixte de deux glucoses de pouvoir rotatoire contraire. Si j'ai tant insisté sur ce point, c'est qu'il est fondamental, et qu'il va nous permettre de définir la véritable nature des autres hydrates de carbone.

Vous savez, messieurs, que la dextrine a pour formule $C^{12}H^{10}O^{10}$, et qu'elle se change en glucose par la fixation de deux molécules d'eau.

Éclairée par les faits qui précèdent, cette réaction nous autorise à considérer la dextrine comme un éther dérivant d'une seule glucose.

$$\left.\begin{array}{l} \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} - \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}} = C^{12}H^{10}O^{10} \\ \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} - \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}} = C^{12}H^{10}O^{10} \end{array}\right\} = \underbrace{C^{24}H^{20}O^{20}.}_{\text{Dextrine.}}$$

Cette formation correspond de tout point à celle de l'éther ordinaire

Digitized by Google

$$\left.\begin{array}{l} C^4H^6O^2 - HO = C^4H^5O \\ C^4H^6O^2 - HO = C^4H^5O \end{array}\right\} = C^8H^{10}O^2.$$

Alcool. Eau. Éther.

Dans cet ordre d'idées, l'amidon devient lui-même un éther, mais d'un ordre plus élevé que la dextrine, car il résulte de la fixation d'une troisième molécule de glucose sur la dextrine elle-même, toujours en vertu de la faculté que nous avons reconnue aux éthers des alcools polyatomiques de fonctionner comme de véritables alcools, tant qu'ils contiennent un reste de leur eau mobile.

L'amidon devient ainsi un éther de la formule suivante :

$$\left.\begin{array}{l} C^{12}H^{12}O^{12} - 2HO = C^{12}H^{12}O^{10} \\ C^{12}H^{12}O^{12} - 2HO = C^{12}H^{12}O^{10} \\ C^{12}H^{12}O^{12} - 2HO = C^{12}H^{12}O^{10} \end{array}\right\} = C^{36}O^{30}O^{30}.$$

Glucose. Eau. Amidon.

A l'appui de cette opinion, on peut invoquer l'effet de la diastase, qui dédouble l'amidon en 2 molécules de dextrine pour 1 de glucose.

La cellulose entre, à son tour, dans le cadre de cette classification. On peut, en effet, la considérer comme un isomère de l'amidon et la représenter par une formule analogue dans laquelle la condensation doit être, sans doute, encore plus élevée.

Ce qui pourrait justifier, au besoin, cette manière de voir, c'est que la cellulose contient de l'eau mobile, qu'on peut échanger molécule pour molécule contre des groupes acides. Je vous citerai, entre autres, les produits nitrogénés de la cellulose, que l'on obtient en soumettant cette substance à l'action de l'acide azotique.

$$C^{24}H^{17}O^{12}3AzO^5 = 2C^{12}H^{10}O^{10} + 3(AzO^5HO) - 6HO.$$

Cellulose trinitrique. Cellulose. Ac. nitrique. Eau.

$$C^{24}H^{16}O^{16}4AzO^5 = 2C^{12}H^{10}O^{10} + 4(AzO^5HO) - 8HO.$$

Cell. tétranitrique. Cellulose. Ac. nitrique. Eau.

$$C^{24}H^{15}O^{15}5AzO^5 = 2C^{12}H^{10}O^{10} + 5(AzO^5HO) - 10HO.$$

Cell. pentanitrique ou fulmicoton. Cellulose. Ac. nitrique. Eau.

Vous le voyez, messieurs, l'isomérie des hydrates de carbone, n'est pas seulement un fait, c'est un fait qui s'explique et se déduit d'une théorie générale.

Tous ces corps qui nous apparaissent d'abord comme des espèces distinctes, mais isomères, ne sont, en réalité, que les produits inégalement condensés d'un type unique. L'espèce de hiérarchie qu'ils présentent entre eux, s'explique non moins naturellement. La cellulose et l'amidon représentent les termes les plus condensés de la série; les glucoses, les termes les plus simples. On comprend, dès lors, pourquoi il est si facile de descendre artificiellement cette échelle, et si difficile, pour ne pas dire impossible, de la remonter. C'est que, si nous possédons de puissants moyens d'analyse, nous sommes moins bien dotés sous le rapport des procédés de synthèse, et, si ces corps se transforment si facilement les uns dans les autres, au sein des végétaux, c'est que ces êtres, possèdent à la fois des moyens d'analyse et de synthèse d'une délicatesse et d'une puissance incomparables.

Grâce à cette manière d'envisager les hydrates de carbone, la glucose devient en quelque sorte la pierre angulaire de tout l'édifice de la végétation.

C'est par la condensation immédiate ou successive des diverses glucoses que semblent se former tous les hydrates de carbone. Dans l'opinion de M. Joulie, qui a fait de ces formations une étude aussi savante qu'approfondie, la nature spéciale du produit qui se forme, dépend de la période à laquelle la végétation est parvenue.

Tous les végétaux sont le siége d'effets de deux ordres; effets de dédoublement produits par fermentations, à la suite desquels l'amidon et la cellulose repassent à l'état de glucose, et deviennent solubles; effets de condensation ou de synthèse qui font repasser la glucose à l'état d'amidon ou de cellulose. Cette dernière catégorie d'effets résulte de l'activité propre des feuilles.

Tantôt ces effets sont successifs et tantôt ils sont simultanés.

Au début de la germination, les réactions par dédoublement dominent. Qui ne sait, en effet, que le premier acte de la germination se traduit par la conversion de l'amidon de la graine en dextrine et en glucose, par l'action de la diastase. Mais ce premier effet produit, et dès que les feuilles de la jeune plante commencent à recevoir l'impression de la lumière, les réactions intérieures changent de caractère, la dextrine et la glucose disparaissent ou plutôt passent à l'état de cellulose.

A partir du moment où la respiration foliacée commence, les effets de synthèse l'emportent sur les effets de dédoublement, mais ces derniers ne cessent point pour cela. Lorsque les feuilles qui se sont formées les premières ont atteint le terme de leur croissance, elles ne tardent pas à changer de couleur; leurs tissus jaunissent et finissent par se dessécher. C'est qu'une partie de leur substance, devenue soluble par des effets de fermentation, se porte vers les organes en voie de formation, où l'activité du végétal se concentre et où dominent les effets de condensation ou de synthèse. Lorsqu'arrive la floraison, et que le fruit commence à se former, l'activité qui régnait dans les organes foliacés se ralentit, une partie des hydrates de carbone repasse à l'état soluble, pour servir à la formation de la graine, où ces effets de condensation conservent toute leur activité.

La formation des fruits charnus donne lieu à des effets analogues. Ces fruits, qui ne sont d'abord que des feuilles modifiées, fonctionnent comme elles. Tant qu'ils sont verts, ils absorbent et décomposent l'acide carbonique de l'air. Leur chair, composée de cellulose fortement agrégée, se gorge d'amidon, de principes astringents analogues au tannin. Mais dès que leur formation est achevée, ils cessent de respirer, et alors commence le travail de la maturation pendant lequel des effets de dédoublements inverses des précédents, font repasser l'amidon, les tannins, à l'état de sucre, qui s'accumulent dans leur parenchyme, que ces changements rendent succulent.

Cette théorie, aussi ingénieuse que savante, qui complète, en le définissant mieux, ce que nous savions déjà des transformations que les hydrates de carbone subissent au sein des végétaux, a été introduite dans la science par M. Joulie, mon ami et mon collaborateur assidu depuis sept ans. Vous en trouverez la première exposition dans ses *Études et expériences sur le sorgho sucré*, livre excellent qu'il vient de publier, et que je me fais un devoir de vous signaler.

Maintenant, messieurs, que nous savons comment la glucose et ses isomères sont la source de tous les autres hydrates de carbone, il faut nous demander d'où viennent ces sucres, et comment ils prennent eux-mêmes naissance au sein des végétaux.

Digitized by Google

Une partie de cette question se trouve déjà résolue par ce qui précède. Pendant la germination, ces sucres proviennent de l'amidon et de la dextrine que les grains contiennent. Dans la seconde période, qui commence avec l'apparition des feuilles, les glucoses dérivent de l'acide carbonique de l'air et de l'eau. Sans anticiper sur l'histoire de l'assimilation du carbone que nous traiterons avec beaucoup de développement, il faut que je vous rappelle ce que vous savez d'ailleurs: que les feuilles absorbent l'acide carbonique de l'air, dont elles séparent l'oxygène, qu'elles rendent à l'atmosphère. Le volume de l'oxygène dégagé représente la totalité de celui que contenait l'acide carbonique.

Or, si tout l'oxygène dégagé par les feuilles provient de l'acide carbonique, on s'explique, tout naturellement, la formation des glucoses par la combinaison du carbone, à l'état naissant, avec les éléments de l'eau.

On peut admettre encore, il est vrai, que l'acide carbonique n'est pas entièrement réduit, mais simplement ramené à l'état d'oxyde de carbone, lequel se combinerait avec l'hydrogène de l'eau, qui subirait, elle aussi, la même réduction que l'acide carbonique. Au fond, ces deux explications conduisent au même résultat. Pour moi, je préfère la première, parce qu'elle est plus simple, et parce que je la crois plus conforme à la vérité des phénomènes. Mais, quelle que soit l'interprétation que l'on adopte, il n'en demeure pas moins démontré qu'il y a combinaison du carbone avec les éléments de l'eau, d'où résulte la formation du groupe $\dot{C}HO$, dont la condensation nous mène droit aux glucoses $C^{12}H^{12}O^{12}$.

Quant aux forces qui déterminent au sein des végétaux ces effets si puissants, qui laissent bien loin derrière eux tout ceux que nous pouvons produire dans nos laboratoires, nous devons citer tout spécialement la lumière, la chaleur et la pression.

L'expérience nous apprend que la lumière influence puissamment le jeu des affinités. C'est elle qui détermine la combinaison du chlore avec l'hydrogène, c'est encore elle qui permet au chlore de se substituer à l'hydrogène, dans l'acide acétique, d'où résulte l'acide chloracétique. Enfin nous savons qu'en l'absence de la lumière, la réduction de l'acide carbonique par les feuilles cesse complétement.

L'influence de la chaleur sur la végétation n'est pas moins manifeste. Qui ne sait que pendant le froid de l'hiver, l'activité végétale est suspendue. L'importance du rôle de la chaleur est attestée par ce fait que la réduction de l'acide carbonique exige, pour s'accomplir, l'absorption d'une quantité de chaleur égale à celle que sa formation a dû produire. Ajoutons que les synthèses organiques exigent aussi le concours de la chaleur. L'acide acétique ne se combine avec la glycérine que sous l'influence réunie de la chaleur et d'une forte pression.

Dans les productions artificielles de nos laboratoires, la pression joue un grand rôle; il n'est pas moindre dans les phénomènes de la végétation. Les tissus végétaux sont doués d'une excessive porosité; or, vous savez que les corps poreux condensent les gaz au point de déterminer des effets de combinaison extrêmement remarquables. L'oxygène et l'hydrogène, qui n'ont pas d'action l'un sur l'autre, se combinent brusquement, si l'on plonge dans leur mélange un morceau de mousse de platine. Au sein des végétaux, les effets de pression, résultant de la porosité des tissus, acquièrent, à cause de la surface énorme sur laquelle ils se produisent, une puissance qui laisse certainement loin derrière elle, celle de la mousse de platine dans l'exemple précédent.

J'ajouterai enfin que le pouvoir osmique de chaque cellule est une source de pression supérieure encore à celle qui résulte de la porosité. Toutes les cellules étant pleines d'un liquide de plus en plus dense, à mesure qu'on s'éloigne des racines, il en résulte une succession d'effets osmiques, dont la résultante équivaut à une très-forte pression. Pour s'en convaincre, il suffit d'avoir égard à la pression qu'on est obligé d'exercer sur les tissus les moins résistants, lorsqu'on veut extraire le jus qu'ils contiennent. Il est donc certain que, dans les végétaux comme dans nos laboratoires, les réactions chimiques s'accomplissent sous la triple influence de la lumière, de la chaleur et de la pression. Seulement, ces diverses influences s'y trouvent combinées et graduées avec une telle perfection, que les effets qui en résultent acquièrent un degré de puissance et de précision que nous ne pouvons atteindre par nos moyens artificiels comparativement si défectueux.

Pour résumer toute cette leçon, et pour conclure, nous dirons donc : 1° Que sous l'influence de la lumière et de la chaleur le carbone de l'acide carbonique de l'air se combine avec les éléments de l'eau dans le végétal, pour y produire les glucoses, qui sont le point de départ de presque toutes les autres formations; 2° que sous la double influence de la pression cellulaire et de l'état naissant, les molécules glucosiques primitives se soudent et se condensent à divers degrés pour produire ces états, si multiples et si variés, du principe hydrocarboné des végétaux, véritable chaîne qui unit la non-organisation à l'organisation, la matière morte à la matière vivante.

Vous le voyez, messieurs, la théorie des alcools polyatomiques, que les efforts réunis de M. Berthelot et de M. Wurtz ont introduite dans la science, nous est d'un grand secours pour expliquer les phénomènes les plus mystérieux de la végétation. Malgré le grand parti que nous avons tiré de cette théorie, est-ce à dire que son extension aux hydrates de carbone soit à l'abri de toute critique? gardez-vous de le croire. Cette extension ne sera vraiment justifiée que lorsqu'on aura effectuée artificiellement la synthèse du sucre de canne ou celle de la dextrine. Malgré cette réserve, cette théorie n'en demeure pas moins un progrès considérable, et je devais vous le signaler.

Dans la prochaine séance, nous étudierons les produits transitoires de l'activité végétale qui admettent l'azote, le phosphore et le soufre au nombre de leurs éléments.

H. Joulie, pharmacien en chef de l'hôpital Saint-Antoine.

Digitized by Google

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

### XXXV.

**Physiologie du système nerveux des Batraciens et des Reptiles (suite).**

A la suite de ces mutilations, il peut même se passer des phénomènes remarquables en rapport avec l'augmentation de l'activité de la circulation. En effet, la nutrition peut augmenter dans ces parties, et même il suffit qu'il y ait la moindre cause d'irritation pour que la nutrition subisse une exaltation telle qu'il se produise des phénomènes morbides. Dans ce cas, l'inflammation peut se manifester dans l'œil, dans les membranes séreuses, dans les poumons, comme l'a démontré M. Cl. Benrard. M. Schiff a, de son côté, fait connaître des résultats très-intéressants de cette influence des nerfs vaso-moteurs. Il coupe sur un Mammifère (l'expérience lui a donné des résultats analogues chez la grenouille) les nerfs qui animent un des membres, par exemple le nerf sciatique et le nerf crural d'un côté : on laisse vivre l'animal, et, s'il était jeune au moment de l'opération, on reconnaît, au bout de quelques mois, qu'il s'est produit une augmentation plus ou moins considérable du volume des os de la jambe et du pied du côté opéré. On pouvait se demander si l'hypertrophie des os était due bien réellement, dans cette expérience, à la paralysie des nerfs vaso-moteurs, ou si elle n'était pas plutôt la conséquence du repos du membre paralysé. Pour éclaircir ce doute, M. Schiff institua une expérience très-décisive. Il coupe sur un animal le nerf dentaire d'un côté, et ainsi ne paralyse en rien les muscles moteurs de la mâchoire. Du reste, la mâchoire, bien que formée de deux pièces chez un grand nombre de Mammifères, ne constitue, à vrai dire, qu'un os impair au point de vue physiologique, car les deux côtés sont mis en action, et ne peuvent fonctionner indépendamment l'un de l'autre; on ne pourra donc pas attribuer au repos les effets constatés. Quelque temps après, il sacrifie l'animal et observe alors une hypertrophie de l'os, avec raréfaction du tissu osseux.

Je puis mettre sous vos yeux le résultat d'une expérience semblable aux premières expériences de M. Schiff. Voici les os de la patte postérieure d'un Chien sur lequel on avait coupé le nerf sciatique et le nerf crural à l'âge de deux mois, et que nous avons sacrifié quatre mois après. Vous voyez cette hypertrophie des os de ce membre comparés avec ceux du membre opposé qui était sain; voyez aussi la tendance qu'affectent les os du tarse à se souder entre eux. Je vous présente également les os d'un membre postérieur d'un Lion mort à la ménagerie il y a dix ans, et qui, pendant les dix dernières années de sa vie, avait eu un membre paralysé. En disséquant ce membre, nous avons trouvé la même tendance hypertrophique dans les os de la jambe paralysée. Le tibia et le péroné sont réunis en un seul os; le calcanéum est soudé à ces deux os, et il nous est difficile d'indiquer la limite exacte qui, à l'état normal, séparait ces os. Pour ce fait, nous sommes conduits à supposer que l'altération des os dépendait en grande partie d'une paralysie des nerfs moteurs; nous ignorons, il est vrai, s'il n'est pas intervenu quelque autre cause.

Mais poursuivons nos études relatives à la physiologie du système nerveux des Batraciens; nous avons encore à examiner les phénomènes qui se passent dans la moelle épinière et dans l'encéphale. Pour ce qui concerne la moelle épinière, nous avons vu la similitude qui existe entre les Batraciens et les Vertébrés supérieurs, nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons déjà dit. L'étude physiologique de l'encéphale offre aussi la même ressemblance; seulement, comme pour la moelle, certains effets sont plus saillants, à cause de l'indépendance plus grande de ces diverses parties des centres nerveux, et les effets sont bien plus faciles à observer, à cause de la résistance plus grande que présentent ces animaux aux opérations qu'on leur fait subir.

Je répète devant vous des expériences dont vous avez déjà été témoins; vous voyez que l'ablation des lobes cérébraux détermine chez les Batraciens un état analogue à celui que nous avons observé chez les Mammifères. L'animal, privé de ses hémisphères, reste là immobile, et semble indifférent au monde extérieur. Mais si on le touche, on voit apparaître des mouvements réflexes, ou même des mouvements de locomotion qui cessent d'ailleurs presque aussitôt, l'animal reprenant son immobilité primitive. Je vous ai déjà montré que la Grenouille, privée de ses lobes cérébraux et jetée à l'eau, exécute immédiatement les mouvements les plus coordonnés, les plus normaux jusqu'au moment où, rencontrant le bord, elle peut se replacer dans son attitude accoutumée. Il paraît bien probable que la vue est encore conservée, mais ne fonctionne plus qu'à titre d'instrument sensitivo-moteur.

L'ablation d'un des tubercules optiques détermine l'abolition de la vue dans l'œil du côté opposé et des mouvements de rotation, soit en manége, soit suivant un rayon, soit encore un mouvement spiroïde.

Le point vital n'est pas placé exactement au même endroit chez les Batraciens que chez les Mammifères; il est placé assez en avant de l'angle du *calamus scriptorius*, au niveau du bord postérieur du cervelet. Si l'on coupe transversalement le bulbe rachidien à ce niveau, immédiatement tous les mouvements sont abolis; l'animal demeure immobile; la respiration hyoï-

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la 1re année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18, 25, 27, 29, 33, 36, 37, 40 et 41 de la 2e.

Digitized by Google

dienne est elle-même arrêtée. Seuls les mouvements du cœur persistent; et, si l'expérience a été faite en hiver, la mort véritable peut se faire attendre plus d'un mois, parce que la respiration cutanée suffit alors à l'hématose, et parce que l'animal n'est pas attaqué, comme pendant l'été, par les influences extérieures.

La moelle allongée peut servir admirablement chez les Batraciens pour montrer l'influence de cette partie sur le cœur et sur la respiration. Je vous ai indiqué précédemment l'expérience sans m'y arrêter, expérience due à M. Budge et aux frères Weber. Pour en bien comprendre la valeur, il faut savoir combien est grande l'apparente indépendance des mouvements du cœur, surtout chez la grenouille. On peut séparer le cœur de l'animal, le déposer sur une table, et il bat pendant des heures entières. Il semble que ses battements sont affranchis de toute influence émanant des centres nerveux, et cependant il n'en est rien. Vous voyez qu'il suffit de galvaniser la moelle allongée sur cette grenouille pour que les mouvements du cœur soient arrêtés, et, chose bien remarquable, le cœur s'arrête en diastole; ce n'est pas un arrêt dû à la contraction, le cœur s'arrête paralysé. Cette paralysie du cœur, produite par une excitation du système nerveux, est un des plus forts arguments qui viennent appuyer la théorie émise par MM. Weber, et formulée en termes très-précis par M. Pflüger. Suivant ces auteurs, il existe des nerfs dont la fonction n'est pas d'exciter, mais bien d'empêcher ou d'arrêter le mouvement des muscles auxquels ils se rendent : ces nerfs seraient donc des nerfs suspensifs ou des nerfs d'arrêt. J'ai à peine besoin de vous rappeler les exemples que vous connaissez bien, à savoir : les nerfs vagues relativement au cœur; les nerfs splanchniques pour les intestins.

Il serait bien difficile de se prononcer sur cette interprétation, qui fait encore le sujet des plus vives controverses. Un grand nombre d'auteurs admettent la réalité de la fonction suspensive de certains nerfs, tandis que d'autres, et parmi eux M. Schiff et M. Moleschott ont cherché à renverser cette théorie.

Dans le cas qui nous occupe, la galvanisation du bulbe rachidien agit par l'intermédiaire des nerfs pneumogastriques, et produit le même effet que la galvanisation de ces nerfs. Il est bien à remarquer d'ailleurs que chez les Mammifères, les Oiseaux et les Poissons, l'expérience donne toujours les mêmes résultats. Un autre point à bien noter, c'est que chez les Mammifères, et probablement chez les autres Vertébrés, ce ne sont pas les pneumogastriques eux-mêmes qui agissent sur le cœur de la façon que nous venons de rappeler. Ce sont, comme l'a démontré M. Waller, les nerfs spinaux ou accessoires de Willis, lesquels s'anastomosent, comme on le sait, avec les nerfs vagues par leurs branches internes. Rien de plus net que les expériences de M. Waller à cet égard, expériences que nous avons vu faire par ce physiologiste et que nous avons répétées depuis. Il arrache la partie centrale des nerfs spinaux sur un animal, par le procédé de M. Cl. Bernard. Puis, au bout de quelques jours, lorsque la partie périphérique a subi la dégénérescence graisseuse, il galvanise les nerfs pneumogastriques à la région inférieure du cou. Il n'y a plus aucune action sur le cœur, bien que les fibres nerveuses des pneumogastriques soient entièrement intactes. Ce sont donc les nerfs spinaux ou leurs représentants, et non les nerfs pneumogastriques, qui sont les nerfs d'arrêt du cœur. Pour M. Schiff, ce seraient principalement les filets inférieurs des racines du spinal qui posséderaient l'influence suspensive en question.

Rien, du reste, n'est plus facile à voir que l'arrêt du cœur par la galvanisation des nerfs vagues; pour cela, nous disposons l'expérience de la manière suivante. Nous enfonçons à travers la paroi du thorax, sur un lapin, une aiguille à acupuncture assez longue, et munie à une de ses extrémités d'un petit étendard de papier. Nous cherchons à placer l'aiguille en rapport aussi immédiat que possible avec le cœur. Vous voyez avec quelle énergie bat le cœur de cet animal. Au préalable, nous avions mis à nu les nerfs pneumogastriques. Or, si nous galvanisons ces nerfs, nous voyons que le petit index s'arrête; les mouvements du cœur sont suspendus. Bientôt ces mouvements reprennent tumultueusement d'abord, puis avec une plus grande régularité. Cette expérience nous permet de rattacher à un phénomène du même genre les effets observés dans le *choc* ou la commotion cérébrale. Il se produit alors une paralysie avec arrêt de la respiration et arrêt du cœur, par le même mécanisme que celui dont je viens de parler.

C'est là un phénomène des plus faciles à obtenir. Si, en effet, je heurte violemment la tête de cette grenouille contre cette table, de telle sorte cependant qu'il n'y ait aucune lésion de l'encéphale, je produis une commotion cérébrale, à la suite de laquelle, comme vous pouvez en juger, les mouvements du cœur sont arrêtés. Il se produit des convulsions dans tous les muscles volontaires; ces convulsions gagnent les muscles de l'appareil respiratoire, et enfin le cœur s'arrête en diastole. Mais bientôt ces effets se dissipent, et après les mouvements du cœur et de la respiration, reparaissent les mouvements dans les muscles volontaires. Les convulsions observées dans les muscles volontaires nous prouvent bien que nous avons sous les yeux le résultat d'une excitation de la moelle allongée, et par là des pneumogastriques; et ce qui démontre très-clairement que les nerfs pneumogastriques (pris en masse) sont bien les intermédiaires de l'action du *choc* sur le cœur, c'est que cette action ne se produit plus sur une grenouille empoisonnée par le curare ou chez laquelle on a coupé les pneumogastriques. Les phénomènes de la commotion se dissipent chez la grenouille, parce que les mouvements du cœur renaissent, et que la respiration cutanée entretient la

Digitized by Google

vie, pendant que l'appareil respiratoire est paralysé. Chez les animaux supérieurs et chez l'homme, il faudrait entretenir longtemps, peut-être pendant plus de trois quarts d'heure, la respiration artificielle pour permettre aux phénomènes de commotion cérébrale de se dissiper et à la respiration spontanée de se rétablir. Mais je ne doute pas que ce ne soit là le seul moyen qui puisse inspirer quelque confiance; et, dans un cas de commotion cérébrale chez l'homme, il faudrait évidemment recourir à la respiration artificielle si les mouvements respiratoires étaient abolis et s'il restait encore quelques battements du cœur.

Vous voyez jusqu'à quel point la physiologie peut s'éclairer par des expériences pratiquées sur des Batraciens. On pourrait accumuler ici des preuves pour montrer jusqu'à quel point tous les phénomènes de la physiologie du système nerveux des Vertébrés supérieurs se retrouvent ici. Qu'il nous suffise de citer encore les expériences sur la glycosurie produite par des lésions des centres nerveux, expériences que M. Cl. Bernard a faites chez les Vertébrés supérieurs, et que M. Schiff a reproduites sur les Batraciens.

Non-seulement on peut faire sur les Batraciens presque toutes les expériences qui ont été instituées sur les Vertébrés supérieurs, mais encore il y a des essais expérimentaux que l'on ne peut guère tenter que sur eux. Ainsi, par exemple, on peut faire chez les Batraciens des recherches expérimentales directes sur la physiologie du développement. J'ai déjà eu, dans le cours de ces leçons, l'occasion de vous parler des résultats fournis par les expériences faites sur les embryons de grenouilles. Je vous ai montré que ces queues de têtards, séparées du reste de l'animal, continuaient à se développer, grâce seulement aux granulations vitellines que contiennent leurs éléments anatomiques : les muscles, les vaisseaux, les vertèbres, acquièrent la forme, la structure normale, et lorsqu'on les compare à des queues qui sont encore en continuité avec le reste du corps, on ne trouve aucune différence. Et cependant, cette évolution s'est accomplie en l'absence de toute direction, de tout contrôle du système nerveux central, chaque élément anatomique réalisant lui-même une forme préfixe; et nous nous sommes servi de cette expérience pour combattre l'hypothèse du principe vital.

Ces expériences, il est vrai, ne durent pas plus de quinze à dix-huit jours, et l'on pourrait dire que si la survie était plus considérable, il se produirait des déformations, conformément à la théorie qui donne pour origine à la plupart des malformations congénitales des lésions du système nerveux pendant la vie embryonnaire. Or, on peut faire sur les Batraciens des expériences qui prouvent combien on ne doit admettre cette théorie que sous toutes réserves. Si l'on pique l'une des moitiés de l'isthme de l'encéphale sur une jeune larve de grenouille, on produit un mouvement de rotation, et bien souvent un mouvement spiroïde. J'ai observé des larves chez lesquelles existait une lésion de ce genre, qui ont continué à tourner pendant trois ou quatre mois, et qui ont parcouru pendant cette période, et avec la plus grande régularité, toutes les phases de leur développement, et sont arrivées à l'état de grenouilles, sans présenter la moindre irrégularité de forme; et, alors qu'elles avaient accompli toutes leurs métamorphoses, elles tournaient encore, ce qui établit bien que la lésion existait encore. Cette indépendance de la vie de développement est un des faits importants de la physiologie générale. La vie de nutrition ne fait que continuer, pour ainsi dire, la vie de développement. Dans ses phénomènes intimes, elle est aussi tout à fait indépendante du système nerveux; elle n'y est soumise que très-indirectement, en tant que le système nerveux exerce son influence sur les voies qui apportent aux éléments anatomiques les matériaux aux dépens desquels ils doivent se nourrir; mais le phénomène même de la nutrition est en dehors de l'influence du système nerveux : il dépend d'une propriété physiologique inhérente à l'élément anatomique vivant. — E. Brémond.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

### CHIMIE MINÉRALE (1).

COURS DE M. RICHE.

#### Acide hyposulfureux.

L'acide hyposulfureux est le dernier des composés oxygénés du soufre qui doit nous occuper; son histoire sera, du reste, fort courte; on ne le connaît qu'à l'état de combinaison avec les bases; on n'a pas encore pu l'isoler. Je vais indiquer seulement les principaux cas de production des hyposulfites. Ces sels prennent naissance :

1° Dans la réaction de certains métaux, comme le zinc sur l'acide sulfureux en dissolution dans l'eau :

$$3SO^2 + 2Zn = ZnO,S^2O^2 + ZnO,SO^2.$$

2° Dans l'action du soufre sur quelques oxydes solubles :

$$3MO + S^4 = MO,S^2O^2 + 2MS.$$

3° Dans l'action du soufre sur les sulfites :

$$MO,SO^2 + S = MO,S^2O^2.$$

4° Dans l'action de l'oxygène sur les sulfures :

$$MS^2 + O^3 = MO,S^2O^2.$$

Du reste, le procédé le plus généralement employé pour la préparation des hyposulfites est celui qui consiste à faire bouillir un sulfite avec un excès de fleur de soufre. L'hyposulfite de soude est le seul sel employé: la photographie en consomme aujourd'hui de très-grandes quantités.

Les hyposulfites se reconnaissent facilement; en effet, lorsqu'on verse dans leur dissolution un acide, tel que l'acide

(1) Voy. les nos 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'*eau*), 23, 28, 31 (conférence de M. Riche, sur l'*air*), 36, 39, 41 et 43.

Digitized by Google

chlorhydrique, la liqueur se trouble peu à peu et fournit un dépôt de soufre en régénérant de l'acide sulfureux :

$$MO,S^2O^2 + HCl = MCl + HO + SO^2 + S.$$

On distingue d'ailleurs les sulfites des hyposulfates en les chauffant avec de l'acide chlorhydrique ; ces derniers dégagent de l'acide sulfureux et laissent dans la liqueur de l'acide sulfurique, tandis que les sulfites dégagent aussi de l'acide sulfureux, mais ne laissent pas d'acide sulfurique dans la liqueur.

L'analyse de l'acide hyposulfureux repose sur le même principe que celle de l'acide hyposulfurique, la formation du sulfate de baryte, dont la composition est connue. Le soufre et l'oxygène sont dans le rapport de 1 à 1 ; la formule la plus simple est donc SO.

Mais, comme dans les hyposulfites, 47 de potasse sont unis à 48 d'acide hyposulfureux, il faut admettre :

1° Que cet acide a pour formule exacte $S^2O^2$;

Car

$$\begin{array}{r} S^2 = 32 \\ O^2 = 16 \\ \hline S^2O^2 = 48 \end{array}$$

2° Que 48 est son équivalent.

**Composés hydrogénés du soufre. — Acide sulfhydrique.**

Nous avons vu que le soufre en se combinant à l'oxygène formait une série nombreuse et importante. Le soufre peut aussi se combiner avec l'hydrogène et former deux composés, un monosulfure et un bisulfure.

Le premier de ces corps, et de beaucoup le plus important, l'acide sulfhydrique, est connu aussi sous les noms d'acide hydrosulfurique, d'hydrogène sulfuré ; il a été découvert par Scheele. Cet acide est gazeux, incolore ; son odeur fétide, qui rappelle celle des œufs pourris, constitue une de ses propriétés caractéristiques ; $\frac{1}{1000000}$ suffit pour rendre l'air infect. Sa saveur est repoussante, sa densité est 1,1912. Sous une pression de 16 atmosphères et à la température ordinaire, il se liquéfie ; ce liquide est très-mobile ; sa densité est 0,91. Quand on abaisse sa température à — 80 degrés, il se solidifie en cristaux. On peut encore le liquéfier en abandonnant dans un tube, scellé aux deux bouts et recourbé, du bisulfure d'hydrogène $HS^2$, qui se décompose spontanément en soufre et en acide sulfhydrique ; ce dernier, fortement comprimé par lui-même dans cet étroit espace, se liquéfie.

L'acide sulfhydrique est peu soluble dans l'eau, qui n'en dissout que deux à trois fois son volume. Cette dissolution s'altère rapidement à l'air et laisse déposer du soufre :

$$HS + O = HO + S.$$

Ce gaz est décomposé par la chaleur et par l'étincelle électrique. Il est très-délétère, car $\frac{1}{1000}$ dans l'air suffit pour faire périr un oiseau ; $\frac{1}{500}$ donne la mort à un chien, et $\frac{1}{300}$ fait périr un cheval. Souvent les ouvriers qui vident les fosses d'aisances sont exposés à ses émanations et tombent sans connaissance. L'asphyxie est si soudaine qu'on la désigne vulgairement sous le nom de *plomb*. Le meilleur antidote de ce gaz est le chlore ; on fera donc respirer aux personnes asphyxiées une petite quantité de ce gaz qu'on obtiendra en plaçant du chlorure de chaux dans une serviette sur laquelle on verse peu à peu du vinaigre. Il se forme ainsi de l'acide chlorhydrique, gaz bien moins vénéneux que l'hydrogène sulfuré.

L'oxygène réagit différemment sur l'acide sulfhydrique, selon les proportions employées et aussi selon les circonstances. Ainsi, ces deux gaz à l'état sec et à la température ordinaire ne réagissent pas l'un sur l'autre. Au rouge, au contraire, la réaction a lieu et les phénomènes varient suivant que l'oxygène est ou n'est pas en excès. Si l'oxygène domine, comme par exemple quand on enflamme un bec de gaz sulfhydrique, il se produit de l'eau et de l'acide sulfureux qui disparaissent dans l'atmosphère :

$$HS + 3O = HO + SO^2.$$

Si le mélange des deux gaz est fait dans un flacon, une violente détonation se fait entendre ; les parois du flacon restent transparentes. Si, au contraire, l'acide sulfhydrique est en excès, il se dépose du soufre sur les parois, et même l'acide sulfureux, qui a pu se former, se détruit au contact de l'acide sulfhydrique :

$$SO^2 + 2HS = 3S + 2HO.$$

Enfin, si les gaz sont humides, les phénomènes diffèrent totalement. A froid, une dissolution d'acide sulfhydrique au contact de l'oxygène ou de l'air se décompose en eau et en soufre :

$$HS + O = HO + S.$$

L'acide sulfureux le décompose en soufre et en eau, comme nous venons de le dire. La présence des corps poreux, ainsi que l'a démontré M. Dumas, favorise l'oxydation de l'acide sulfhydrique. Il se forme de l'acide sulfurique. L'iode décompose aussi l'hydrogène sulfuré :

$$I + HS = HI + S.$$

Cette propriété a été utilisée pour la préparation de l'acide iodhydrique ; elle sert de base au dosage de l'acide sulfhydrique. Ce mode de dosage est connu sous le nom de sulfhydrométrie.

Les métaux sont généralement attaqués par l'hydrogène sulfuré et transformés en sulfures. L'argent lui-même est noirci rapidement. Les métaux alcalins réagissent énergiquement et fournissent des sulfhydrates de sulfures :

$$K + 2HS = KS + HS + H.$$

Les bases donnent en général des sulfures :

$$MO + HS = MS + HO.$$

Avec la potasse et la soude, si l'acide sulfhydrique est en excès, on a des sulfhydrates de sulfures :

$$KO,HO + 2HS = KS,HS + 2HO.$$

L'acide sulfhydrique est un précieux agent pour l'analyse chimique ; il précipite les solutions des métaux des trois dernières sections et fournit des colorations caractéristiques. C'est, du reste, un acide très-faible ; sa dissolution donne à la teinture de tournesol une couleur rouge vineux.

On détermine la composition de l'acide sulfhydrique en le décomposant par un métal qui s'unit au soufre et met l'hydrogène en liberté. Dans cette cloche courbe reposant sur le mercure, nous avons introduit un volume connu d'acide sulfhydrique et un fragment d'étain. Chauffé légèrement, l'étain se change en sulfure, et vous pouvez constater que le volume du gaz qui reste dans la cloche n'a pas changé : ce gaz est maintenant de l'hydrogène. Nous concluons de là que l'acide sulfhydrique contient un volume d'hydrogène égal au

Digitized by Google

sien. Si l'on retranche de la densité de l'acide sulfhydrique 1,190, la densité de l'hydrogène 0,069, le reste 1,121 représente le poids du soufre uni à 0,069 d'hydrogène pour former l'acide sulfhydrique. Ce nombre est environ la moitié de la densité du soufre 2,22. L'acide sulfhydrique est un corps analogue à l'eau; en effet, un volume de chacun de ces composés renferme un volume d'hydrogène, uni à un demi volume de soufre ou d'oxygène, et nous savons que ces corps sont analogues. En outre l'acide sulfhydrique réagit comme l'eau sur différents corps, notamment sur les métaux; on obtient, en effet, des sulfures analogues aux oxydes, et souvent isomorphes avec eux. Je vais mettre sous vos yeux quelques-unes de ces réactions :

$$HO + K = KO + H.$$
$$2HO + K = KO,HO + H.$$
$$HS + K = KS + H.$$
$$2HS + K = KS,HS + H.$$

Il est donc rationnel de représenter l'acide sulfhydrique par la formule HS = 17, analogue à celle de l'eau HO. L'expérience, du reste, démontre que la quantité d'acide sulfhydrique qui sature un équivalent de base est représentée par le nombre 17; autrement dit, pour décomposer 47 de potasse, 31 de soude, 116 d'oxyde d'argent, il faut 17 d'acide sulfhydrique. Enfin, la formule HS correspond à 2 volumes de vapeur, puisque l'acide sulfhydrique contient son volume d'hydrogène et que H = 2 volumes.

L'acide sulfhydrique se trouve fréquemment dans la nature à l'état de liberté. Plusieurs causes y contribuent. Quand, par exemple, un sulfate se trouve en présence de matières organiques, il est ramené par elles à l'état de sulfure. Lorsqu'ensuite ce sulfate arrive au contact de l'air, l'acide carbonique que contient ce dernier les décompose et dégage de l'acide sulfhydrique. C'est la même cause qui produit les dégagements infects qui sortent du sol des villes quand on soulève les pavés; la terre fournit les sulfates; les eaux ménagères amènent l'agent réducteur. La deuxième cause est une des plus importantes, au point de vue philosophique, car elle rend compte d'une des grandes harmonies de la nature. Certains végétaux, certaines parties des animaux renferment du soufre; dès que ces êtres cessent d'exister, le soufre revient à l'air ou au sol à l'état d'acide sulfhydrique. Cet acide entraîné dans le sol par les eaux forme des sulfures, puis des sulfates; ces sulfates sont absorbés de nouveau par les végétaux et les animaux qui se développent; de sorte qu'il y a pour le soufre, comme pour le carbone, l'hydrogène et l'oxygène nécessaires aux êtres organisés un échange non interrompu, une rotation continuelle qui fait régner à la surface de la terre l'harmonie la plus parfaite.

L'acide sulfhydrique se trouve enfin soit libre, soit combiné avec des bases alcalines ou terreuses, dans les eaux minérales dites *sulfureuses*.

L'acide sulfhydrique est fréquemment employé en médecine, sous forme de bains, pour le traitement des maladies de la peau; on l'administre également à l'intérieur.

*Préparation.* — On prépare l'acide sulfhydrique en décomposant un sulfure métallique par un acide. Le soufre et l'hydrogène ne s'unissent pas directement. On emploie quelquefois le sulfure de fer qu'on obtient en chauffant un mélange intime de 4 parties de soufre et de 7 parties de fer. On traite ce sulfure par l'acide sulfurique étendu d'eau (deux fois son volume environ) ou par de l'acide chlorhydrique étendu d'un seul volume d'eau. La réaction s'opère à la température ordinaire et marche très-régulièrement :

$$FeS + SO^3,HO = FeO,SO^3 + HS,$$
$$FeS + HCl = FeCl + HS.$$

Toutefois, l'acide sulfhydrique ainsi préparé n'est jamais pur, parce que le sulfure contient toujours un excès de fer qui, dans son contact avec l'acide sulfurique dégage du gaz hydrogène. Pour l'obtenir à l'état de pureté parfaite, il faut se servir de sulfure d'antimoine réduit en poudre fine. On l'introduit dans un ballon avec un excès d'acide chlorhydrique. Ce ballon communique avec un flacon laveur, et le gaz est reçu dans une terrine remplie d'eau. Si l'on veut l'obtenir sec, on le dessèche en le faisant passer à travers un tube plein de chlorure de calcium et on le recueille sur le mercure. La réaction commence à froid, mais s'arrête bientôt; on la continue sous l'influence d'une douce chaleur; elle s'exprime par l'égalité suivante :

$$SbS^3 + 3HCl = SbCl^3 + 3HS.$$

**Bisulfure d'hydrogène.**

Le bisulfure d'hydrogène a été étudié surtout par M. Thenard qui l'a comparé à l'eau oxygénée dont il se rapproche par ses propriétés générales. C'est un corps très-instable qui se décompose en soufre et en acide sulfhydrique sous l'influence de corps n'agissant que par leur présence, sans se combiner au soufre ni à l'hydrogène. On ne le prépare guère, du reste, que pour l'obtention de l'hydrogène sulfuré liquide. On l'obtient en versant goutte à goutte un polysulfure alcalin (généralement du polysulfure de calcium, obtenu en faisant bouillir pendant une heure, dans un litre d'eau, 150 à 200 gr. de fleur de soufre et un poids égal de chaux éteinte) dans de l'acide chlorhydrique étendu de deux fois son poids d'eau, placé dans un entonnoir à robinet :

$$CaS^2 + HCl = CaCl + HS^2.$$

Le bisulfure d'hydrogène se sépare au fond de l'entonnoir en une couche huileuse et jaunâtre. C'est un liquide d'une odeur désagréable, blanchissant la peau, comme l'eau oxygénée; le temps, l'eau, le détruisent rapidement, et la chaleur instantanément. Ses propriétés sont, du reste, fort peu connues.

**Sélénium.**

Il nous est impossible d'abandonner l'histoire du soufre sans dire un mot de deux métalloïdes qui l'accompagnent presque toujours et qui présentent avec ce corps de grandes analogies. Je veux parler du sélénium et du tellure.

Le sélénium a été découvert en 1817, par Berzelius. Cet illustre chimiste remarqua qu'un dépôt rouge pulvérulent se formait dans les chambres de plomb des fabriques de Fahlun en Suède, où l'on fabriquait l'acide sulfurique à l'aide des pyrites de fer. Il crut d'abord que c'était du tellure; mais une étude plus approfondie lui fit reconnaître que c'était un corps nouveau, et il l'appela sélénium (de σελήνη, lune). C'est un corps solide, d'un brun rougeâtre foncé; il a l'éclat métallique; sa cassure est vitreuse et d'un gris de plomb; sa densité est 4,3. Il est peu dur et cassant comme le verre.

Le sélénium fond vers 100 degrés; si, une fois porté à cette température, on le laisse refroidir, il reste mou pendant un certain temps et peut se tirer en longs fils. Il est, paraîtrait-il,

Digitized by Google

susceptible de cristalliser sous deux formes incompatibles. Il brûle avec une flamme bleuâtre en dégageant l'odeur fétide du chou pourri; il se forme dans cette combustion de l'acide sélénieux $SeO^2$ analogue à $SO^2$. Cet acide est solide, soluble dans l'eau. Il existe un acide sélénique $SeO^3$, comparable à l'acide sulfurique $SO^3$, précipitable par les mêmes réactifs, et donnant des sels isomorphes aux siens. Enfin, il existe un acide sélénhydrique analogue à l'acide sulfhydrique et dont la formule est HSe.

On retire en général le sélénium du séléniure de plomb; on amène ce dernier à l'état d'acide sélénieux par l'acide nitrique, et l'on réduit le sélénium par l'acide sulfureux.

### Tellure.

Le tellure a été découvert par Müller, de Reichenstein, en 1782, dans des minerais aurifères de Transylvanie. Mais il ne fut bien étudié que par Klaproth, Bergmau et Berzelius.

Nous avons vu que le sélénium prenait l'éclat métallique dans certaines circonstances; le tellure a tous les caractères physiques d'un métal : éclat, densité, etc.; mais, par ses propriétés chimiques, il se rapproche du soufre et du sélénium. Il est d'un blanc d'argent; il cristallise dans le système rhomboédrique; il est cassant. Il semble exister, comme ses deux voisins, sous deux états allotropiques. Il est presque aussi fusible que l'antimoine, il est volatil au rouge. Chauffé à l'air, il prend feu et brûle avec une flamme d'un bleu vif. Il existe un acide tellureux solide $TeO^2$, un acide tellurique $TeO^3$, et un acide tellurhydrique HTe.

Le tellure est très-rare; il se retire des minerais d'or de la Transylvanie; on l'amène, par des traitements longs et difficiles, à l'état d'acide tellureux et on le réduit par le zinc, ou mieux par l'acide sulfureux.

Il résulte de l'étude que nous avons faite que l'oxygène, le soufre, le sélénium et le tellure présentent de très-grandes analogies. Ces quatre corps constituent une famille naturelle dont je me contenterai en ce moment d'indiquer l'existence. Dans notre prochaine leçon nous commencerons l'étude d'une deuxième famille tout aussi naturelle que la première.

Ed. Antelme, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ANTHROPOLOGIE (1).

### COURS DE M. DE QUATREFAGES

(de l'Institut).

### X.

### Migrations polynésiennes. Peuplement de la Nouvelle-Zélande, de Tahiti et des Sandwich.

Nous nous sommes occupés dans notre dernière leçon des migrations de l'Océanie, et de la Polynésie en particulier. Nous avons trouvé sur les deux routes qui mènent dans cette partie extrême, des peuples navigateurs, les Malais dont le nom est synonyme de hardiesse maritime, et les Carolins qui, après deux cents ans, retrouvèrent l'île de Guaham avec laquelle leurs ancêtres avaient eu des relations commerciales. Nous avons trouvé chez les Dayaks les caractères communs aux habitants de toute la Polynésie, et cette observation a été faite depuis longtemps par les voyageurs les plus autorisés. L'industrie, la langue, le type, tout est identique entre les diverses populations de la Polynésie, et en même temps tous ces caractères les rapprochent des Dayaks comme pour attester leur origine. Ce fait seul serait suffisant pour démontrer le peuplement par migrations.

Quant aux causes de ces migrations, nous les avons trouvées dans l'esprit aventureux de ces peuples, la nécessité de chercher ailleurs des terres et des vivres par suite de l'accroissement rapide de la population; d'autres fois enfin, les idées religieuses les poussaient à de lointains voyages. Rappelons que la dissémination accidentelle elle-même a souvent joué un rôle dans le peuplement qui nous occupe.

Ces peuples possèdent, avons-nous dit, des connaissances géographiques, comme cela ressort des indications fournies à Quiros par les habitants de Taumaka, et surtout de la carte de la Polynésie dressée par Tupaïa et recueillie par Cook. Rappelons nous que beaucoup d'îles indiquées dans cette carte étaient inconnues à Cook et furent retrouvées plus tard.

Les migrations polynésiennes sont encore attestées par les traditions. L'une d'elles, commune à une foule d'îles, rattache l'origine à un lieu dont les diverses dénominations sont évidemment des altérations d'un même nom, suivant les règles générales des dialectes. Nous avons vu comment Hale est parvenu à retrouver ce lieu dans Savaï, l'une des îles Samoa. Or, les habitants des Samoas et des Tongas affirment qu'ils sont venus de l'Ouest; ce ne peut être de la Mélanésie, il faut donc aller chercher jusqu'en Malaisie et parmi les Dayaks ce point d'origine première. De là est sortie une colonie qui se scinda : une partie alla directement habiter Tonga et Samoa; une autre se fixa d'abord aux îles Fijis, s'y mêla aux nègres qui habitaient primitivement ces îles, puis chassée par la guerre vint asservir les Tonga. Il en résulte que la population de Samoa présente le type dayak et polynésien pur, tandis que la population de Tonga est mélangée par son passage dans la Mélanésie.

La question du peuplement de la Polynésie présente autant de problèmes à résoudre que cette vaste région renferme d'archipels, d'îles et d'îlots. Certes, il nous est impossible de les aborder tous, d'autant plus que pour plusieurs les renseignements nous manquent complétement ou sont insuffisants. Ce défaut de renseignements semble au premier abord autoriser le doute. Mais nous allons nous attacher à prendre le fait du peuplement par migration évident en ce qui concerne un des groupes les plus éloignés du centre de la Polynésie, et situé loin de la route que suivaient, dans leur mouvement général d'émigration, les populations océaniennes. Nous voulons parler de la Nouvelle-Zélande, que l'on ne trouve pas sur la carte de Tupaïa et dont la population est entièrement polynésienne. Quand nous aurons démontré le fait pour cette île si éloignée, on ne pourra plus parler d'impossibilité relativement aux autres.

La Nouvelle-Zélande ressemble à l'Italie, mais si elle lui était superposée elle remonterait jusqu'au cœur de la Bavière. Elle est formée de deux grandes îles séparées par le détroit de Cook; elle mesure 1600 kilomètres de long, et 200 de large. Les deux îles forment un tout très-distinct des Chatam qui

(1) Voy. les nos 33, 35, 37, 38, 40, 41, 42 et 43.

Digitized by Google

en sont éloignées de 700 kilomètres. La Nouvelle-Zélande est plus proche de l'Australie que du centre polynésien, mais sa population présente les caractères physiques des habitants des autres îles polynésiennes. Cette race porte le nom de *Maori*. Les castes les plus nobles présentent un type fort voisin du type caucasique; parfois cependant le menton s'allonge, et dans des castes inférieures on trouve des types différents, à teint plus foncé, à front fuyant, à lèvres grosses, présentant en résumé une tendance vers les caractères de la race nègre, tendance qui atteste un mélange de sang. Nous verrons plus tard l'explication de cette particularité.

Cette population maori a-t-elle pris naissance en ce lieu, est-elle autochthone ou étrangère?

Les informations sont complètes à ce sujet : nous les trouvons dans les chants traditionnels et religieux, que l'on conserve avec un soin extrême dans toute la Polynésie. Il existe à Tahiti et aux Marquises des *hommes-archives*, qui apprennent par cœur et récitent en marchant la nuit les chants sacrés de l'histoire nationale dans les temps anciens. Ces chants forment un corps d'histoire, imprimé non dans des livres, mais dans la mémoire des hommes, se transmettant de génération en génération, s'augmentant sans cesse des faits nouveaux. On peut avoir une foi complète dans de pareils documents. Il suffit de les étudier avec les règles de critique que nous appliquons aux documents des anciens et du moyen âge.

Des institutions et des chants analogues existaient à la Nouvelle-Zélande. C'est à sir George Grey, gouverneur de la Nouvelle-Zélande, que l'on doit le recueil de ces chants et les précieux renseignements qu'ils ont fournis à l'anthropologie. Quand il arriva dans son gouvernement en 1845, sir George Grey trouva un peuple irrité, travaillé par les guerres civiles et étrangères. Il résolut de pacifier ce pays et d'y ramener la fortune et la paix. A cet effet, il se mit à étudier la langue nationale pour éviter les erreurs que pourrait occasionner l'ignorance ou la malveillance des interprètes. Il s'aperçut alors de l'influence énorme qu'exerçait sur l'esprit de ces hommes leurs chants ou leurs poëmes historiques et sacrés, et il comprit qu'il devait s'enquérir de leur histoire pour capter leur confiance. Il se mit alors en rapport avec les hommes qui pouvaient lui raconter ces poëmes. Sa peine fut immense, mais ses travaux furent couronnés d'un plein succès. Il pacifia le pays, et à son départ les Maoris composèrent un chant qui devait rester dans leur histoire et où il était célébré comme les ayant le premier véritablement aimés. Dans ses pénibles recherches il avait toujours été soutenu par le sentiment du devoir qu'il avait à remplir et la conscience des services qu'il rendrait à la science. Ces services sont immenses en effet.

De retour en Europe il publia deux ouvrages, dont l'un est le recueil en langage maori de ces chants nationaux, et l'autre, la traduction presque mot à mot des plus importants. Ce recueil est une véritable histoire, et les éléments qui la constituent ont sans aucun doute une valeur plus réelle que ceux où nos historiens ont puisé, par exemple, es renseignements historiques sur la fin de l'empire romain. Les événements y sont racontés avec une simplicité et une précision qui en attestent la réalité. La fable y est naturellement accolée à la vérité, mais c'est seulement une juxtaposition, non un mélange. Il est presque toujours facile de distinguer le fait vrai de l'interprétation légendaire qu'on lui a donnée. Notre histoire, même celle des temps modernes, ne nous présente-t-elle pas ces faits extraordinaires? L'histoire qui nous raconte que dans les guerres d'Espagne on vit saint Jacques sur un cheval blanc se battant contre les Maures, joint évidemment la légende à la vérité; mais de ce que Saint-Jacques ne s'est pas battu, en faut-il conclure que les Maures n'ont pas été vaincus?— Non évidemment. Dans les récits maoris comme dans notre propre histoire, il faut faire la part de l'imagination des peuples et de la sévère exactitude.

Les légendes maories remontent au delà des migrations; elles mènent dans la terre d'Hawaïki. Les faits qui se passèrent dans ce pays sont peu intéressants; ce sont des guerres entre chefs, des violences envers le peuple, etc. Mais nous y trouvons déjà relatées les institutions de toute la Polynésie. Parfois les renseignements sont très-précis; l'une de ces légendes commence ainsi : « Autrefois nos ancêtres se séparèrent; les uns furent laissés à Hawaïki, les autres vinrent ici dans des canots. » A lui seul, ce texte est concluant. La première des prétentions d'un peuple c'est d'être enfant du sol qu'il habite; l'orgueil de la conquête ne vient qu'après. On peut donc croire celui qui avoue être venu d'ailleurs et s'être fixé dans le lieu où il vit sans avoir eu besoin de le conquérir.

Une des légendes maories les plus intéressantes et les plus importantes, est celle relative à Poutini et à Whaïapu. Ces deux noms ne désignent pas des héros, comme on pourrait le croire, mais deux pierres, l'une de jade gris, l'autre d'obsidienne. Ces objets, considérés comme des trésors et des talismans précieux, occasionnèrent des guerres sanglantes, comme il y en eut dans l'Inde pour le fameux diamant connu sous le nom de Montagne de lumière. La guerre s'alluma entre Ngaué, propriétaire de Poutini et une femme-chef. Ngaué fut vaincu et forcé de chercher un refuge loin de sa patrie. Il s'embarqua et aborda à l'île septentrionale de la Nouvelle-Zélande. Il fit le tour de cette île, y donna des noms qu'on retrouve encore, découvrit des roches de jade, en fit des ornements et des armes qu'il rapporta à Hawaïki. Une hache qu'il rapporta ainsi, connue sous le nom de Tutauru, fut conservée jusqu'à nos jours.

De retour à Hawaïki il trouve ses compatriotes en guerre civile, et séduits par ses récits et les richesses qu'il rapporte autant que pressés de fuir leur pays désolé, plusieurs se décident à émigrer. Le poëme cite ici les noms des principaux chefs qui émigrèrent alors. On construisit avec les haches qu'avait rapportées Ngané des navires, dont deux surtout, nommés l'Arawa et le Taïnui jouent un grand rôle dans l'histoire de cette migration.

L'Arawa était commandé par Tama-té-Kapua qui enleva la femme d'un de ses compagnons nommé Ruaéo, en faisant mettre à la voile tandis que celui-ci était encore à terre. Mais Ruaéo est un savant magicien qui pour se venger « change les étoiles du soir en étoiles du matin, et celles du matin en étoiles du soir ». Tama-té-Kapua avait fait passer par un stratagème sur son canot un prêtre-chef, nommé Ngatoro-i-Rangi, commandant du Taïnui. En voyant le désordre produit par les conjurations de Ruaéo, Ngatoro monte sur le pont, et Tama-té-Kapua en profite pour faire violence à sa femme. Ngatoro furieux de cet outrage renverse les étoiles comme l'avait fait Ruaéo, et pousse le navire vers un tourbillon. Le canot est perdu, en vain on supplie, Ngatoro reste inflexible. A la fin, touché des cris et des supplications des femmes et des enfants, il désarme sa colère et remet le navire dans sa route. On aborde enfin à la Nouvelle-Zélande, et immédiatement on y plante

Digitized by Google

des patates douces qui sont, d'après la légende, celles qu'on y cultive encore.

Nous devons faire quelques observations sur ce récit. Le renversement des étoiles par suite des imprécations de magiciens est certainement un fait merveilleux; mais il n'est pas difficile d'y reconnaître un de ces événements naturels fréquents dans ces mers, le renversement des vents. Nous avons vu ce renversement se produire dans le voyage de Kadou qui crut être resté à l'ouest, tandis que la tempête l'avait jeté à l'est. — Remarquons que la légende parle de femmes et d'enfants : cette émigration emportait donc tous les éléments d'une colonie.— Aussitôt arrivés, on plante des patates, dit le poëme. Nous devons voir dans ce fait un exemple de la dissémination de certaines plantes par transport volontaire; nous verrons ailleurs d'autres faits du même genre.— Nous voyons enfin Ngatoro monter sur la plate-forme du canot. Ceci indique que l'Arawa était une de ces grandes pirogues doubles capables de transporter 150 à 180 hommes, tels qu'en construisent encore ces peuples. Dumont d'Urville les a déclarées capables de longs voyages. Elles sont certainement égales, sinon supérieures, aux vaisseaux qui portèrent Christophe Colomb vers l'Amérique. On voit donc que la construction navale était chez eux assez perfectionnée pour permettre le transport de nombreux émigrants.

Nous sommes obligés de passer ici beaucoup de détails intéressants. Ils montrent l'esprit religieux de ces peuples qui, à peine arrivés consacrent un lieu à leurs divinités; nous y trouvons l'institution du Tabou, qui est encouru et levé, comme cela se pratique encore de nos jours en Polynésie. Ngatoro le premier en fut frappé pour avoir enseveli Tama et fut forcé de revenir dans son pays natal pour le lever.

Une autre légende présente encore des faits importants qui nous engagent à la relater. Ngatoro avait laissé à Hawaïki une sœur mariée à Manaïa. Celui-ci voulut donner une fête pour lever un Tabou. Mais « quand les fours furent ouverts », la viande ne se trouva pas assez cuite. Manaïa entra dans une grande colère et menaça sa femme de lui faire manger la chair de son frère « rôtie sur des pierres de *Waïkorora.* » —Remarquons que ce mode de préparation s'est transmis jusqu'à nos jours.— Pareille menace était une insulte impardonnable. La sœur consulte les dieux sur la conduite à tenir et envoie sa fille à Ngatoro. Celle-ci part sans canot, c'est-à-dire sur une simple pirogue, emportant les divinités protectrices des hommes ; les premiers émigrants n'avaient emporté que les dieux, des patates douces et des poissons.—On a prétendu que les Polynésiens n'avaient pas de culte : par ce simple récit on voit au contraire qu'ils ont un Olympe très-nombreux; chaque profession a deux ou trois dieux protecteurs. — La jeune héroïne qui apportait de si grandes divinités, fut bien accueillie à la Nouvelle-Zélande. On commence par répondre par des imprécations et des malédictions aux menaces de Manaïa, et Ngatoro jure que la chair de son ennemi sera cuite avec des pierres de Maketu. Puis on prend des mesures plus sérieuses pour arriver à une vengeance nécessaire. Ngatoro construit un canot et s'embarqua avec 140 braves guerriers; il débarque à Mawaïki, est victorieux et mange ses ennemis suivant l'usage. Manaïa s'échappe et vient à son tour investir Maketu avec plusieurs navires. Mais une tempête suscitée par les incantations de Ngatoro disperse ses canots et le fait périr. On retrouva son cadavre que l'on reconnut à son tatouage.

Ce récit nous montre des allées et des venues entre la métropole et la colonie; les voyages étaient fréquents et entrepris pour le moindre prétexte. Nous y voyons le tatouage indiquant déjà l'individualité : aujourd'hui encore les Maoris portent sur le front le signe individuel.

Jusqu'ici, Ngahué peut donc être considéré comme le Christophe Colomb de la Nouvelle-Zélande; mais voici un autre chant qui en fait retomber l'honneur sur Kupé. Ce ne peut pas être une objection au fait en lui-même, car pareille chose n'existe-t-elle pas dans l'histoire de nos découvertes les plus modernes? Il suffit que ces deux navigateurs aient abordé à des lieux différents.

Cette histoire de Kupé fournit des renseignements très-importants. Il fut forcé de s'expatrier pour avoir tué son cousin et enlevé sa femme. Il débarqua à la Nouvelle-Zélande et revint bientôt à Hawaïki, sous la protection de l'ariki ou chef grand-prêtre, nommé Huenuku. Il trouva là un ami nommé Turi qui se disposait à quitter son pays, poursuivi qu'il était par la colère de ses ennemis. Il avait en effet tué et mangé le fils du grand-prêtre Huenuku, pour venger le fils d'un ami que le grand-prêtre lui-même avait tué et mangé. Kupé lui conseilla alors de naviguer vers le pays qu'il venait de découvrir, et Turi, sur les indications de Kupé, s'embarqua sur l'Aotea. Entre autres compagnons qui partagèrent son exil, il faut citer Porua, monté sur le Ririno. Kupé n'avait trouvé à la Nouvelle-Zélande d'autres êtres vivants que deux oiseaux ; mais avant de partir, les amis de Turi déposèrent dans un canot des patates, des rats vivants enfermés dans des boîtes, des perroquets gris, de grandes poules d'eau, « et plusieurs autres choses précieuses. » Porua « emportait quelques chiens qui devaient être précieux dans les îles où il se rendait, car par leur multiplication ils devaient fournir un bon article de nourriture et des peaux propres à faire des vêtement chauds. »

Nous voyons encore ici un nouvel exemple de la dissémination des espèces animales et végétales par l'homme. Les deux seuls mammifères de la Nouvelle-Zélande sont le rat et le chien, et les chants nationaux nous apprennent qu'ils y ont été apportés d'ailleurs. Ce fait explique encore le cosmopolitisme du chien que l'homme emporte partout avec lui.

Les trésors des colons furent soigneusement cultivés. A son arrivée, Turi n'a plus que huit patates; il les coupe en morceaux, les plante séparément et chante pendant ce temps une hymne qui démontre et rappelle leur origine : « Creusons la déesse notre mère, — creusons la vieille déesse la Terre! — Nous parlons de vous, ô Terre! ne troublez pas les plantes que nous avons apportées ici d'Hawaïki la noble. » Les patates réussirent, et Turi rendit ce lieu sacré par des prières et des incantations, « pour que personne ne s'y aventurât, et ne heurtât les jeunes plantes. » En d'autres termes, il met le tabou sur ce lieu, comme Cook et Bougainville le virent mettre souvent sur des champs et des terres en culture.

Dans les légendes précédentes, il n'est jamais fait mention des premiers habitants de la Nouvelle-Zélande, ce qui démontre bien que les navigateurs trouvèrent déserts les points où ils abordèrent. L'histoire de Manaïa présente un fait nouveau et soulève un problème important.

Comme les autres, il trouva des régions désertes ou habitées déjà par des Hawaïkiens. Mais à l'embouchure d'une rivière nommée Waïtara « il trouva un peuple qui vivait là ; c'était les habitants originaires de ces îles; Manaïa et ses hommes

Digitized by Google

les tuèrent et les détruisirent. » D'autres traditions dépeignent ces hommes comme moins forts et moins courageux que les Maoris. Récemment on a découvert dans l'île septentrionale, des instruments et des ustensiles enfouis dans le sol et tout différents de ceux que produit l'industrie des Maoris.

Qu'étaient ces indigènes? Et d'abord sont-ils enfants du sol? — Évidemment non ; car s'ils avaient de tout temps vécu en ce point ils auraient été fort nombreux : or, il ne s'agit que d'une peuplade restreinte, puisque Manaïa avec 150 hommes les détruit. Les premiers navigateurs ne les avaient pas rencontrés et avaient pourtant visité presque toutes les côtes. Il s'agit donc dans ce récit d'une peuplade étrangère, arrivée tout récemment dans ce pays et qui ne s'était pas encore multipliée.

D'où venaient-ils? En examinant les caractères physiques présentés par les castes inférieures de la Nouvelle-Zélande, on reconnaît bien vite la trace d'un mélange de sang nègre. Il est donc plus que probable que ces hommes que rencontra Manaïa étaient des nègres que les courants avaient poussés là, et dont une partie qui n'a pas été détruite s'est fondue avec les rangs inférieurs du peuple néo-zélandais. Dumont d'Urville et Dieffenbach avaient eu cette pensée, mais ils avaient reculé devant les considérations linguistiques ; M. Gaussin a cependant trouvé dans la langue maorie de rares éléments nègres, et cela suffit pour confirmer l'opinion que suggèrent l'examen des caractères physiques.

Ces chants nationaux ont donc un remarquable cachet d'exactitude, qui en fait de véritables histoires, de véritables chartes qui, pour n'avoir pas été écrites, ne sont pas moins dignes de foi que nos documents relatifs à l'histoire du moyen âge. Dans les divers archipels, dans chaque île même, on eût pu rencontrer des renseignements aussi précieux, mais il ne s'y trouva pas de George Grey pour les recueillir. Trop souvent on s'est contenté du fait général. Mais en réunissant les divers données, on arrive parfois à mettre hors de doute les origines et les dates dans les limites remarquablement précises.

En ce qui concerne Tahïti, les légendes, la carte de Tupaïa et les renseignements qu'il donna à Cook, démontrent bien qu'elle a été peuplée par des Samoans. Ellis a même pu préciser quelle fut la première île habitée de l'archipel tahïtien, il croit que ce fut Raïatéa, au nord-ouest. Là, en effet, est une plaine sacrée qui s'appelait jadis Hawaii, comme l'île père. C'est là qu'Oro se montra, d'après la légende, et institua les Aréoïs. Oro est une sorte de demi-dieu dans lequel il faut voir un chef d'émigration.

Tahïti devint à son tour un centre d'où est partie la population des archipels voisins et en particulier de Pomotou, ou archipel Dangereux. Là cependant est une race qui s'éloigne un peu du type général polynésien. Le teint est plus foncé, le type moins élégant et des traditions parlent de nègres. On doit se demander pourquoi ces différences, et si l'on considère les grandes pirogues des Pomotou qui rappellent les canots de la Micronésie, on est amené à penser que cette population pourrait bien être venue des Carolines, poussée en ce point par une tempête : la linguistique éclairera sans doute ce point encore obscur.

Tahïti a envoyé des colonies plus loin encore, elle a peuplé le sud des Marquises : le langage, les institutions, tout, d'après Hale, y est tahïtien. Cependant les traditions disent expressément qu'ils viennent d'Havaïki ; mais ne pourrait-ce pas être l'Havaii d'Oro? — Au nord, la population a dû venir de Tonga: la langue et les coutumes y sont les mêmes. Une tradition précise nous apprend que le premier homme et la première femme qui vinrent là y apportèrent l'arbre à pain et la canne à sucre, et venaient de Vavao, île du nord de l'archipel Tonga.

Les Sandwichs ont été peuplées par une colonie homogène : tout y est identique, traits, langage, traditions. Mais le beau type polynésien y a souffert de certains mélanges ; le teint y est plus jaune, plus foncé. Le langage est purement tahïtien, et les traditions se rattachent aux Marquises. Aussi Hale a-t-il été conduit à regarder les habitants des Sandwichs comme venant du sud des Marquises. Mais Dumont d'Urville a recueilli une tradition précise, d'après laquelle le premier homme et la première femme seraient venues de Tahïti, apportant un cochon, un chien et une paire de poules. Cette tradition raconte des voyages et des relations entre Tahïti et les Sandwich : un prêtre nommé Kama-pii-Kai fit trois fois cette traversée et périt dans un quatrième voyage. Ces voyages sont interrompus depuis longtemps, toute relation a cessé et le mot de Tahïti signifie maintenant aux Sandwichs *loin*, et se rapporte plus à une région spéciale : il a été conservé comme pour attester le point de départ et l'ancienneté des relations.

Comment nous expliquer maintenant cette modification remarquable du type polynésien aux Sandwichs? Les traditions nous rapportent que les premiers hommes qui arrivèrent en ce lieu, y trouvèrent des *génies*, habitant les rochers et les cavernes ; ils firent alliance avec eux et se marièrent. — Il faut voir dans ce souvenir légendaire une simple alliance avec un peuple qui habitait primitivement cette contrée ; la tradition ici comme toujours grandit et anoblit ces êtres avec lesquels on se maria, de même qu'elle fait des êtres terribles et supérieurs de ceux que l'on a combattus ; c'est une tendance de l'esprit humain que l'on retrouve partout.

Mais d'où venaient ces génies? — Si Kadou au lieu d'aller des Carolines aux Radaks était parti de celles-ci dans la même direction, c'est aux Sandwichs qu'il serait arrivé : le fait récent explique le fait passé. Il est probable que ces premiers habitants étaient des Micronésiens. Or, parmi eux il est des races très-noires, ainsi s'explique la différence de teint et la modification des traits que l'on observe dans la population des Sandwichs.

Ces faits suffisent pour donner une idée de la possibilité du peuplement par migrations volontaires et involontaires et du sens général de ces migrations ; presque toujours, sur la carte de Hale, les flèches sont dirigées de l'ouest vers l'est ; il n'y a guère d'exception que pour la Nouvelle-Zélande et les Sandwichs, dont le peuplement nécessite une route vers le nord et vers le sud. — L. Hallez.

## VARIÉTÉS.

### La lune est-elle habitable? a-t-elle une atmosphère? (1)

Un astre de 860 lieues de diamètre, de 2700 lieues de tour, où le jour et la nuit se succèdent sans amener jamais ni le sommeil ni le réveil d'aucune créature ; dont les échos demeurent éternellement muets ; sur lequel règne un silence auquel celui de la mort elle-même ne saurait être comparé, et qui, situé à environ 90 000 lieues de nous,

(1) Ce morceau est extrait de l'ouvrage : *Science et démocratie*, 2e série, qui doit paraître prochainement.

Digitized by Google

n'aurait d'autre fonction que d'éclairer nos nuits et la remplirait si mal (cette observation est de Laplace); c'est là une idée désagréable et que l'évidence des preuves peut seule nous contraindre à admettre; tant que nous leur trouverons un point faible, nous les déclarerons suspectes. Et comment, je vous le demande, comment ne pas regretter que le spectacle magnifique dont on pourrait jouir de la lune se joue à perpétuité devant une salle vide, devant un cadavre?

Nous nous faisons une idée si favorable de l'existence des Sélénites, que nous les plaindrions fort s'il nous était démontré qu'ils n'existent pas. Quel tableau que celui de la terre suspendue au zénith, s'offrant sous un diamètre treize fois plus grand que le diamètre apparent de la lune, répandant une lumière treize fois plus forte que celle-ci, tournant sur elle-même avec une vitesse de plus de 6 lieues par minute, et en vingt-quatre heures se montrant sous toutes ses faces à l'observateur qui, armé d'un télescope, distingue aisément nos continents, nos mers, nos chaînes de montagnes, les glaces de nos pôles, nos déserts, nos forêts, nos villes même, et assiste aux évolutions de nos flottes! Cependant, vient-il à se fatiguer de cette représentation grandiose, il n'a qu'à passer sur l'autre hémisphère (on sait que la lune nous présente toujours la même face). Chemin faisant sur ce globe, dont à l'aide d'un chemin de fer de ceinture on ferait le tour en moins de cinq jours, il rencontre à chaque pas les climats les plus variés, et en raison de la nature volcanique du sol, les points de vue les plus pittoresques se succèdent sans interruption sous ses yeux. Les jours et les nuits sont un peu longs, ayant environ quatorze fois vingt-quatre heures, mais la durée est relative, et sous ce rapport encore quelle variété, dans l'existence du Sélénite, suivant qu'il se trouve sur tel ou tel hémisphère!

Tandis que l'hémisphère auquel nous demeurons éternellement cachés reste plongé pendant quatorze de nos jours dans d'épaisses ténèbres, celui qui nous regarde voit l'obscurité de ses nuits dissipée par la splendide illumination de la terre. Pour peu que les Sélénites ne soient pas étrangers au sentiment qui nous fait regarder notre globe comme le centre du monde, ils ne doivent pas douter que la terre n'ait été créée pour leur procurer une situation intermédiaire entre le jour solaire et l'épaisse nuit. Enfin, les transitions de température sont peut-être un peu brusques, mais on doit y être accoutumé et l'on prend ses précautions en conséquence. Comment donc se résigner à croire inhabitée une demeure dont on aimerait à faire la maison de campagne du genre humain? Jusqu'à présent on n'y a logé que les lunatiques.

Mais l'opinion qu'elle est inhabitable s'appuie sur des observations nombreuses, et principalement sur celle-ci :

La lune passe devant une étoile et la cache à nos yeux : saisissons le moment où l'astre scintillant redeviendra visible. Les rayons qu'il nous envoie passeront alors très-près de notre satellite : si celui-ci a une atmosphère, les rayons, en la traversant, seront déviés de leur direction, ou, comme on dit, réfractés ; si la lune n'a pas d'atmosphère, la lumière qui vient de l'étoile continuera son chemin en ligne droite ; il n'y aura pas réfraction.

Eh bien! on n'observe pas de réfraction. Donc la lune n'a pas d'atmosphère, donc il n'y a à sa surface ni eau ni terre végétale, donc elle ne nourrit ni plantes, ni animaux, ni Sélénites.

Mais il y a, en Italie, un certain M. Pompolio de Cuppis. Dès que la nuit est venue, ce savant enfourche un excellent télescope, et le voilà parti pour la lune ; c'est sa passion. Nombreux sont les voyages qu'il y a faits, si bien qu'il a réuni les matériaux d'une nouvelle sélénographie (qui est pour la lune ce que la géographie est pour la terre); et le voici qui écrit à l'un de ses confrères, au directeur de l'observatoire de Rome, le P. Secchi, qu'il a de ses yeux vu l'atmosphère de la lune; en d'autres termes, qu'il a constaté la réfraction de rayons stellaires au moment où ceux-ci rasaient le bord de l'astre dont il s'agit.

Ne croyez pas, cependant, que M. Pompolio de Cuppis accuse d'erreur ceux qui n'ont rien vu de ce qu'il a observé; l'amour-propre de personne n'est engagé dans la question.

Mais comment se peut-il qu'il n'y ait pas contradiction entre un oui et un non? Rien n'est plus simple.

Personne n'ignore que nous connaissons beaucoup mieux la surface de la lune qu'un grand nombre de régions terrestres. On a décrit avec une précision admirable ses plaines, ses vallées, ces dépressions profondes décorées du nom de mers, ses montagnes et ces prodigieux cratères que Képler prenait pour des enceintes fortifiées; on leur a même donné des noms ; on a fait plus, on a mesuré avec une exactitude très-convenable la hauteur des montagnes, et les résultats auxquels on est arrivé, contestés par W. Herschell, et maintenant hors de doute, sont de nature à causer quelque surprise.

Sur ce globe, dont le diamètre n'est guère plus que le quart de celui de la terre, il y a des montagnes qui peuvent soutenir la comparaison avec ce que nous connaissons de mieux en ce genre ici-bas.

Telles sont les montagnes suivantes :

| | |
|---|---|
| Dorpël, haut de..... | 7603 mètres. |
| Newton..... | 7264 |
| Casatus.. ..... | 6956 |
| Curtius ..... .... | 6769 |

Mais voyez le contraste! La lune, si riche en pics gigantesques, n'aurait, d'après M. Pompolio de Cuppis, qu'une atmosphère d'une minceur extrême, et c'est précisément cette disproportion entre la hauteur de l'atmosphère et celle des montagnes qui expliquerait et ferait cesser le désaccord signalé entre les observations de l'astronome italien et celles de ses prédécesseurs.

La hauteur de l'atmosphère terrestre n'est pas encore parfaitement connue, mais on ne lui attribue pas moins de 10 à 12 lieues ; or, celle de la lune serait tout au plus de 580 mètres, peut-être même descendrait-elle à 430 mètres.

Tandis que l'atmosphère terrestre dépasse de plusieurs lieues le sommet de nos pics les plus élevés, l'atmosphère lunaire serait au contraire dominée, et de très-haut, par les montagnes de ce globe, formant des îles escarpées au sein de l'océan aérien.

Si bizarre que cela paraisse, rien n'est moins impossible, et la lune ferait ici l'exacte contre-partie de Pallas, cette petite planète dont le diamètre n'est que de 32 lieues, et qui a cependant une atmosphère haute de 800 kilomètres.

Nous devons dire que M. Pompolio de Cuppis n'est pas le premier à l'esprit duquel se soit présentée la supposition qui précède ; et, par exemple, nous trouvons dans l'*Annuaire du bureau des Longitudes pour* 1842 la phrase suivante, où Arago fait allusion à l'une de ses notices : « J'aurais dû remarquer que ces observations seraient sans efficacité si l'atmosphère lunaire ne dépasse pas les sommités des montagnes dont l'astre est couvert. » (P. 346.)

Quoi qu'il en soit, il n'en faut pas davantage pour expliquer comment un rayon de lumière qui vient à raser le bord de la lune peut, selon les cas, être ou ne pas être réfracté.

En effet, si le rayon rase une montagne, celle-ci dépassant la couche atmosphérique, le rayon n'est pas infléchi.

Si le rayon, au contraire, passe près du niveau général de la lune, à moins de 400 à 500 mètres de sa surface, il rencontre l'atmosphère et la traverse ; il est dévié.

Mais le premier cas doit se présenter beaucoup plus souvent que celui-ci, et voici pourquoi. La lune, que Cléarque appelait « le plus beau et le plus net mirouer en polissure unie et en lustre qui soit au monde », a été au contraire affreusement remuée, et si par la pensée on divise la circonférence qui nous fait face en 360 parties égales ou degrés, on trouve que 251 de ces degrés sont occupés par des montagnes, et 109 seulement par des plaines, des vallées et des dépressions plus ou moins profondes. De là résulte que le rayon qui frise le bord de la lune doit la rencontrer bien plus fréquemment en dehors qu'à l'intérieur de son atmosphère, si atmosphère il y a.

Si les nouvelles expériences que va tenter M. de Cuppis confirment celles qu'il a faites, il sera démontré que la lune est habitable. Il s'agira ensuite de savoir si elle est habitée. On doit compter à cet égard sur les progrès de l'optique. M. Quetelet écrivait en 1826 : « On peut, à l'aide des meilleurs instruments, observer ce globe (la lune) comme si l'on s'en trouvait à quelques lieues seulement. » En 1853, M. Babinet écrit dans un spirituel article : « Nous voyons la lune aussi distinctement que du haut des Alpes on voit les champs de la Suisse. » Ce qui est fait donne donc une bonne idée de ce qui se fera.

Le puissant télescope à l'aide duquel lord Rosse a fait tant de découvertes admirables en astronomie stellaire, télescope qui a coûté 300 000 francs et qui pèse 15 000 kilogrammes, paraît devoir être dépassé par celui du révérend M. Craig. S'il y avait dans la lune des monuments d'une dimension égale à celle des tours de Notre-Dame, nous les verrions ; mais on ne peut exiger que des gens qui n'ont guère qu'un kilomètre d'air au-dessus de leurs têtes élèvent des édifices de 66 mètres.

VICTOR MEUNIER.

---

CL. BERNARD. LEÇONS SUR LES PROPRIÉTÉS DES TISSUS VIVANTS faites à la Sorbonne pendant l'année 1864, rédigées par M. ÉMILE ALGLAVE. 1 fort vol. in-8, avec 94 figures dans le texte. 8 fr.

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 45. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 7 OCTOBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

Six mois..... Paris, 15 fr. Départ., 18 fr. Étranger, 20 fr.
Un an..... — 26 — 30 — 35

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : Époques des migrations polynésiennes. — Peuplement de l'Amérique.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : Le système nerveux chez les Oiseaux et les Mammifères.

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : Sur la production de la chaleur animale.

Paris, 6 octobre 1865.

Lundi 25 septembre, la correspondance a fourni comme d'ordinaire de nombreux mémoires sur le choléra : le prix Bréant, de 100 000 francs, institué pour celui qui trouvera le moyen de guérir cette terrible maladie excite toujours de nombreuses compétitions; mais si les candidats abondent, le remède est encore à trouver ; et selon toute vraisemblance, ce prix tant envié n'est pas encore près d'être décerné.

Parmi les communications faites dans cette séance, nous insisterons particulièrement sur trois qui nous semblent offrir une certaine importance.

La première est une nouvelle note de M. Davaine sur le *sang de rate*, en réponse à la dernière communication de MM. Leplat et Jaillard, dont nous avons parlé il y a quinze jours. M. Davaine s'efforce d'établir les différences qui existent entre le véritable sang de rate ou charbon, et l'affection produite par MM. Leplat et Jaillard dans leurs expériences et qu'ils ont confondue avec lui ; pour distinguer cette dernière affection du sang de rate proprement dit, M. Davaine l'appelle *maladie de la rate*. On s'expliquerait dès lors tout naturellement la divergence des résultats obtenus par ces expérimentateurs, puisque la maladie observée par MM. Leplat et Jaillard ne serait pas la même que celle qui a été décrite par M. Davaine, et à laquelle il a assigné pour cause le développement de bactéridies dans le sang.

M. Pasteur dit à cette occasion, que MM. Leplat et Jaillard lui ont envoyé récemment, renfermée dans un petit tube et desséchée, une certaine quantité du sang qui avait servi pour leurs expériences. Ce sang leur avait été expédié sur leur demande par un vétérinaire de Chartres, comme provenant d'un animal récemment abattu et véritablement atteint de la maladie charbonneuse ; c'est seulement après son arrivé à Paris, au Val-de-Grâce, qu'il fut desséché. M. Pasteur avait cru d'abord qu'il était rempli de bactéridies ; mais un examen microscopique plus soigneux lui permit de constater qu'il contenait une quantité innombrable de petits articles ayant un volume notablement plus considérable que celui des bactéridies proprement dites ; ces articles, à l'état de dessiccation, présentent les caractères propres aux infusoires, et ils sont accompagnés d'un grand nombre de putréfactions provenant également de la fermentation putride. Aussi M. Pasteur est-il porté à croire que le sang employé par MM. Leplat et Jaillard dans leurs expériences s'était putréfié pendant le voyage de Chartres à Paris et avait produit ainsi une multitude de vibrions qu'on avait pris ensuite pour les bactéridies du sang de rate.

M. d'Archiac analyse une brochure intéressante publiée par le directeur général des mines en Angleterre, et il signale particulièrement un passage relatif à la consommation de la houille dans les Iles Britanniques et aux conséquences qui peuvent en résulter. Les houillères



Digitized by Google

d'Angleterre ont produit, en 1864, 93 millions de tonnes dont plus des neuf dixièmes ont été brûlés dans le pays même; 9 1/2 pour 100 seulement ont été exportés. Il y a deux ans, sir William Armstrong a montré que la consommation de la houille en Angleterre s'accroissait chaque année de 2 millions et trois quarts de tonne. Avec cette progression, et en acceptant les évaluations actuelles pour la richesse des mines de houille de l'Angleterre, tout son combustible minéral serait épuisé dans moins de deux siècles. La consommation de la houille n'augmentant pas moins rapidement aux États-Unis, on pourrait calculer de la même manière le temps que mettra le nouveau monde à épuiser ses mines. — Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'incertitude que comportent toujours de pareils calculs. Toutes les mines de houille que recèlent les entrailles de la terre sont sans doute loin d'être connues à l'heure qu'il est, puisqu'on en découvre chaque année dans des pays où l'on n'en soupçonnait pas encore l'existence, et, même lorsqu'une mine est ouverte, il est à peu près impossible d'évaluer toutes les veines qu'elle pourra fournir.

Mais ce n'est pas tout. Cette immense quantité de houille, en brûlant, introduit dans l'atmosphère des masses considérables d'acide carbonique, et l'on a même été jusqu'à dire que sa constitution pourrait redevenir à la fin ce qu'elle était aux premières époques géologiques avant la précipitation de ces quantités formidables d'acide carbonique qui ont contribué à former les dépôts stratifiés. Jusqu'ici cependant on n'a pas encore constaté d'altération sensible dans la composition de l'air atmosphérique, et cela se comprend aisément quand on réfléchit que la combustion de la houille dans nos foyers et nos usines, malgré ses vastes proportions, n'est après tout qu'un phénomène minime, si on le compare à l'ensemble des causes de production et de destruction d'acide carbonique, qui ont été si harmonieusement combinés dans la nature de manière à se balancer l'une l'autre. Les végétaux notamment ont besoin pour vivre d'absorber des quantités considérables d'acide carbonique, et il n'est pas téméraire d'admettre que si la proportion de ce gaz contenue dans l'atmosphère venait à augmenter, les végétaux trouvant une nourriture plus facile et plus abondante se développeraient aussitôt davantage et ne tarderaient pas à rétablir l'équilibre momentanément détruit.

M. le Verrier communique trois observations relatives à la comète de Faye, et entre à ce sujet dans quelques explications. On sait que la comète d'Enke a une révolution dont la durée va en diminuant; on avait cherché à généraliser cette observation, et notamment à l'appliquer à la comète de Faye. M. le Verrier montre que c'est à tort, la durée de la révolution de cette comète étant constante. On avait dit aussi que la comète de Faye était la même que la comète de Lexell qui avait disparu de notre ciel probablement sous l'influence dévastatrice de Jupiter : M. le Verrier a vérifié le contraire. Dans le cours de cet exposé M. le Verrier ayant indiqué en pouces les dimensions de l'objectif d'une lunette, M. Morin,— qui occupait par intérim le fauteuil de la présidence,— l'interrompt pour lui dire que l'emploi de pareilles mesures ne convient pas dans bouche du directeur de l'Observatoire lorsque le système métrique est obligatoire chez nous et sur le point de se faire admettre dans toute l'Europe. Cette interruption amène une assez longue discussion sur la véritable longueur du mètre. On tombe généralement d'accord que l'étalon adopté doit être légèrement inexact, et en même temps qu'il ne faut pas le changer pour les usages du commerce et de la science. M. le Verrier insiste sur ce point qu'il est regrettable de voir la France rester étrangère aux grandes opérations géodésiques entreprises par d'autres nations pour vérifier la longueur réelle du mètre, et par suite celle du méridien terrestre dont il doit être la quarante-millionième partie.

E. Alglave.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES

(de l'Institut).

### XI.

**Peuplement des Kingsmill. — Époques des migrations polynésiennes. — Conclusions générales.**

Nous venons de voir que, si les renseignements manquent sur le peuplement de beaucoup de parties de la Polynésie, nous avons au moins sur plusieurs archipels des documents précis. Sans nous astreindre à l'ordre des migrations, nous avons particulièrement étudié l'histoire du peuplement de la Nouvelle-Zélande, d'après les documents recueillis par sir Georges Grey. Nous avons raconté en détail les divers voyages qui ont fait peupler cette vaste contrée par des colonies d'Hawaïkiens ; nous avons vu ces émigrants importer volontairement dans leur nouvelle patrie les espèces animales et végétales qu'on y trouve encore aujourd'hui. Les chants maoris nous apprennent que la Nouvelle-Zélande était déserte, à part un point où l'on trouva des hommes qui n'étaient pas évidemment enfants du sol, mais qui, bien probablement, formaient une peuplade nègre poussée là par la tempête, et qui, s'étant en partie fondue avec le peuple Maori, a formé ce type mélangé que nous présentent aujourd'hui les castes inférieures de cette région. Bien que les renseignements que nous trouvons ailleurs soient loin d'être aussi complets, nous savons cependant que Tahiti fut peuplée par des hommes venant d'Hawaïki ; que devenue à son tour centre de migrations, elle envoya des colons dans les archipels voisins et surtout à Pomotou. Mais il se pourrait qu'une partie de la popu-

(1) Voy. les nos 33, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43 et 44.

Digitized by Google

lation de cet archipel dangereux fût venue des Carolines. Tahiti a encore peuplé le sud des Marquises, dont les habitants du Nord ont dû venir de Tonga. Quant aux Sandwich, il semble démontré que leur population leur vint également de Tahiti; mais nous avons vu que la race polynésienne y a perdu son beau type presque caucasique, par son mélange avec les premiers habitants du pays qui, suivant toute apparence, étaient des hommes venus des îles Radaks.

Ainsi, nous avons vu la race polynésienne, venue de l'ouest, et évidemment de la Malaisie, se constituer à Samoa et à Tonga, et de là envoyer dans toute la Polynésie des colonies nombreuses allant d'ordinaire vers l'est, mais faisant aussi deux grands crochets, l'un vers le Nord pour peupler les Sandwich, l'autre vers le Sud pour peupler la Nouvelle-Zélande. Mais Samoa et Tonga n'ont-ils envoyé des colonies que dans ce sens? De ce que nous avons déjà vu il ressort que la Micronésie a aussi reçu des habitants de ces deux contrées. Chamisso et Luthke ont trouvé en Micronésie des îles peuplées de Polynésiens. Ceci suffit déjà à la démonstration, mais nous trouvons dans l'histoire des *Kingsmill* des faits d'un intérêt et d'une importance remarquables dans la question actuelle et à divers autres titres.

L'archipel des Kingsmill fait partie du grand archipel des îles Gilbert. Il est composé de dix-sept îles, dont la principale porte le nom de Tarawa. En 1840, Halle y trouva une population de 85 000 âmes, et y recueillit de la bouche de deux Européens qui y avaient vécu plusieurs années des renseignements aussi précis qu'importants.

Les premiers habitants qui s'établirent aux Kingsmill venaient de Banabé, une des îles les plus considérables de l'archipel des Carolines; c'était donc une population franchement micronésienne. Ils vécurent pendant quelque temps seuls dans cette contrée, mais bientôt y arrivèrent deux canots chargés d'hommes qui disaient venir d'une île placée au sud-est, désignée sous le nom d'Amoï. Cet Amoï n'est autre chose que le mot Samoa, altéré par le dialecte des Kingsmill. Ces nouveaux arrivés, dont le type était plus beau et le teint plus clair que celui des Banabéens, racontèrent qu'ils avaient quitté leur pays à la suite d'une défaite. Ils furent bien accueillis, et les deux peuples vécurent quelque temps en paix. Mais bientôt la beauté des femmes d'Amoï fit prendre les armes aux Banabéens. Les Amoïs vaincus furent massacrés à l'exception des femmes, et c'est du mélange du peuple Carolin avec ces femmes samoannes qu'est issue la population actuelle des Kingsmill, montant à 85 000 âmes.

Remarquons ici que les îles Banabé et Samoa sont à 14 ou 1500 kilomètres de Tarawa; c'est donc un exemple de plus de ces migrations lointaines et qui se sont exécutées en sens contraire. Remarquons encore que ces îles sont désertes au début, car si elles eussent eu des habitants, les émigrants auraient dû soutenir des combats avec eux et il n'en est pas fait mention. En outre, une île centrale est la première habitée, et c'est de là que partent ensuite en s'irradiant des colonies pour tout l'archipel. Voilà donc une terre actuellement très-peuplée que l'on sait n'avoir pas produit ses habitants; voilà donc toute une population née du mélange de deux races et qui s'accroît chaque jour : peut-on dès lors soutenir que ces deux races sont deux espèces?

L'histoire de ce petit groupe a donc un grand intérêt, car elle semble résumer l'histoire de toute la Polynésie. Tarawa est le point d'arrivée; c'est là qu'on se fixe d'abord et l'on en part pour peupler l'archipel entier.

Tant que la population n'est pas trop considérable, tant que le sol peut fournir aux besoins de tous, la paix règne dans ces îles; on va de l'une à l'autre. Le grand père de Tekeri, qui était chef des Kingsmill du temps de Wilkes, avait visité pour son plaisir et dans ses moindres îlots l'archipel tout entier; partout il avait trouvé un peuple heureux qui l'accueillait fort bien.

Mais bientôt la population déborde, la crainte de la famine, les ambitions particulières fomentent la discorde et poussent toutes ces peuplades à une guerre qui devient générale. En calculant par génération de trente ans, et en partant de 1840, époque où régnait Tekeri, on peut fixer à 1780 environ l'époque à laquelle son grand-père avait fait cette tournée pacifique qui précéda de fort peu de temps la guerre civile. Telle est l'histoire des Kingsmill.

Telle est aussi l'histoire de toute la Polynésie : ces événements que nous présentent les Kingsmill ont dû se passer en grand dans toute cette vaste région océanienne. Au commencement, les colonies parties d'un même centre restaient en relations; on faisait des voyages pour se revoir, se communiquer les notions récemment recueillies; on accueillait avec plaisir des parents qui revenaient annoncer de nouvelles conquêtes. Rien alors ne séparait ces peuplades qui, bien qu'éloignées les unes des autres, gardaient intacts le langage et les mœurs de la mère-patrie. Mais bientôt les colonies prirent des dialectes particuliers et commencèrent à vivre d'une vie propre; l'accroissement de la population amenait la famine; des proscrits quittaient en armes leur pays pour aller chercher ailleurs en combattant les choses nécessaires à leur existence. De là des guerres sans fin, de là aussi cette coutume que rencontrèrent les Européens naviguant dans ces parages et qui souvent, pour être méconnue, occasionna des luttes sanglantes, coutume qui consiste à désarmer tous les canots étrangers qui abordent, à charge de rendre ensuite leurs armes aux visiteurs. On oublia les peuples les plus voisins, et toute relation cessa généralement entre les Polynésiens des divers groupes.

L'histoire des Kingsmill donne lieu à une autre observation et soulève une nouvelle question.

Halle avait été conduit à penser que le peuplement de cet archipel remontait à une époque récente. Leur histoire en effet est simple, et l'on n'y trouve aucune de ces fables qui commencent d'ordinaire les annales des peuples dont l'origine est éloignée. Mais peut-on arriver à fixer la date de l'arrivée des deux peuples? On le peut dans de certaines limites, et en allant chercher bien loin de là un terme de comparaison.

L'archipel des Kingsmill se prête au développement rapide d'une population; le pays est sain, et les productions du sol abondantes : l'île produit en effet naturellement le Cocotier et le Pandanus; les Banabéens y introduisirent le Taro (*Arum esculentum*), les Samoans, l'arbre à pain. Ces quatre plantes sont les principales ressources alimentaires fournies par toute l'Océanie et nous les voyons réunies aux Kingsmill. Si nous ajoutons à cela la grande fécondité générale à tous Polynésiens, nous en pouvons conclure que la population de cet archipel dut s'accroître aussi vite au moins qu'une colonie française au Canada.

Or, en ce qui concerne l'Acadie et le développement de la population française en cette contrée, nous avons des statisti-

Digitized by Google

ques certaines qui montrent qu'elle quadrupla en cinquante ans et qu'elle est décuplée tous les quatre-vingts ans ; à Pitcairn, la population composée d'Européens et de Polynésiens, fut triplée en trente-un ans. En établissant des proportions d'après ces points de comparaison, en portant à 100 le nombre des individus montant chacun des quatre canots, en supposant que la guerre réduisit à 200 le nombre total des habitants dont est issue la race actuelle, nous arrivons à ce résultat : que trois siècles ont suffi pour porter la population au chiffre actuel de 85 000 âmes, ce qui fait remonter l'immigration vers le premier tiers du XVIe siècle.

On pourrait peut-être trouver exagéré ce chiffre initial de 200 âmes. Supposons donc qu'il n'y ait eu là au commencement qu'un homme et qu'une femme, et nous verrons que huit cent cinquante ans auraient suffi pour produire la population actuelle, et cette hypothèse extrême et exagérée nous reporterait seulement au Xe siècle. Il est probable qu'il faut placer entre ces deux termes extrêmes le chiffre réel, mais plus près du premier que du second. Et cette date du peuplement des Kingsmill ne s'éloigne pas ainsi beaucoup de celle du peuplement de la Nouvelle-Zélande.

Pour celle-ci nous avons des données positives, recueillies par sir George Grey. C'est un chant remarquable par sa précision. Il renferme l'histoire de Maru-Tuahu qui arriva à la Nouvelle-Zélande sur le Taïnoui, et l'histoire de ses descendants. On y voit qu'à la quatrième génération naquit une fille nommée Tuparahaki, et le chant ajoute : « de laquelle sont descendus en onze générations tous les principaux chefs aujourd'hui vivants de la tribu des Ngatipaoa. » Ceci nous donne un total de quinze générations, soit 450 ans qui séparerait l'époque actuelle de l'arrivée des Maoris à la Nouvelle-Zélande ; ce poëme ayant été recueilli en 1853, nous devons reporter la date de la migration aux premières années du XVe siècle.

On a des dates plus récentes encore. L'île Crescent, au sud-est de Mangarewa, fut peuplée il y a quatre-vingts ou quatre-vingt-dix ans par des hommes fugitifs. Ils y étaient arrivés sur des radeaux qui sont aux moindres canots ce que ceux-ci sont aux steamers, après un trajet de 40 à 50 kilomètres en sens inverse des vents alizés.

Les îles Chatam, situées à 700 kilomètres à l'est de la Nouvelle-Zélande, furent peuplées il y a un siècle environ par des Maoris qui y furent poussés par un orage du nord-ouest. Encore un exemple de migration involontaire en sens inverse des vents alizés.

A côté de ces dates récentes, il en est de plus anciennes. Ici la précision n'est plus aussi grande, mais elle est suffisante quand il s'agit de contrées si éloignées et de leur histoire dans les temps reculés. Les documents auxquels nous empruntons nos renseignements sont d'une autre nature, d'une authenticité certaine encore, mais dont l'acceptation exige pourtant une certaine critique : ce sont les généalogies des familles princières. Ces généalogies consistent en de véritables litanies dont chaque vers renferme le nom d'un chef, de sa femme et de son fils. Ces litanies se chantent sur un rhythme particulier. On comprend que cent vers puissent constituer toute une généalogie qui sera aussi sûre et aussi exacte que les archives de famille de nos princes, et qui sera facile à conserver exactement dans la mémoire des intéressés.

Mais il y a ici une observation à faire. Chaque vers représente-t-il un règne ou une génération ? On comprend que la question est importante, car on doit compter quinze ans pour la durée moyenne d'un règne, et une génération se mesure d'ordinaire par trente ans. Halle pense que chaque vers représente bien une génération, car lorsque le fils aîné vient à mourir, le fils cadet qui lui succède figure dans le même vers. Cette raison nous semble probante.

Une autre difficulté qui se présente quand on veut déterminer une date au moyen de ces généalogies, c'est qu'elles commencent presque toutes par une série de dieux accomplissant les faits les plus merveilleux. C'est un orgueil général à toute l'humanité, que nous trouvons même chez les blancs : Enée ne croyait-il pas descendre de Vénus ?

La difficulté dans ce cas est réelle, car si beaucoup de ces héros sont des êtres purement imaginaires, plusieurs ne sont-ils pas aussi des chefs ayant réellement existé et que leur postérité a plus tard divinisés ? Il restera donc dans les retranchements nécessaires au début de chaque généalogie, un certain arbitraire que devra éclairer une critique sérieuse. Halle connaissait les généalogies relatives aux Sandwich et aux Marquises. Depuis, les généalogies royales des Sandwich ont été complétées, et nous avons pu recueillir celle de la famille des Pomarés de Tahiti.

Or, en considérant chaque vers comme représentant une génération, en conservant tous les noms et les héros fabuleux, c'est-à-dire en donnant à ces généalogies la signification la plus étendue, on reste toujours dans les périodes historiques de nos annales.

Les renseignements relatifs aux Marquises ont été recueillis par le commodore Porter, de la marine des États-Unis, qui croisa dans ces régions, de 1812-1817, contre les Anglais, et dont l'expédition d'abord heureuse échoua ensuite complétement. Il débarqua aux Marquises, dont il prit possession au nom de son pays. Il eut alors pour allié Gattanewa, le chef d'une île du sud de l'archipel nommée Noukahiva, dont la population venait par conséquent de Tahiti. Ce chef fournit à Porter des renseignements nombreux : il lui nomma plusieurs îles que l'on trouve dans la carte de Tupaïa, etc. Or, Gattanewa comptait quatre-vingt-huit générations depuis l'arrivée aux Sandwich des premiers Tahitiens, soit 2640 ans, soit 827 ans avant notre ère. C'est à peu près l'époque où commençait l'ère des Olympiades qui ouvre pour la Grèce les temps reconnus historiques. Ce chiffre, le plus élevé de tous, nous laisse donc dans la période historique des peuples occidentaux. Porter n'a pas pris cette généalogie, par conséquent la critique ne peut que réviser.

Mais en ce qui concerne les Sandwich, les renseignements nous viennent de deux sources et sont plus complets. Hale nous apprend que la généalogie des Taméhaméha comptait, en 1840, soixante-sept générations. D'après Jules Rémy, naturaliste voyageur du Muséum, le nombre de ces générations était de soixante-quinze en 1838. Il tire ces documents de l'histoire de l'archipel havaïen faite par un indigène qui y consacra sa vie. Ces deux généalogies, recueillies l'une par Hale, l'autre par Rémy, présentent au début des êtres fabuleux, des abstractions personnifiées, des incarnations multiples de dieux et de déesses. Aussi Hale, après un sérieux examen, a-t-il pensé qu'il fallait retrancher vingt-deux générations, ce qui porte le peuplement des Sandwich vers la fin du Ve siècle pour Hale, vers le milieu du IIIe siècle pour Rémy ; c'est pour la deuxième époque à peu près la date du transport à Constantinople de l'empire ro-

Digitized by Google

main, pour la première à peu près la date de la bataille de Tolbiac.

Sur Tahiti, les documents positifs manquaient à Hale ; il n'avait que les considérations linguistiques, et plaçait d'après cela le peuplement de cette région vers le xe siècle avant notre ère. Il croyait contemporaines les migrations de Tahiti et de la Nouvelle-Zélande. Pour la Nouvelle-Zélande, nous savons que son peuplement est tout moderne, et nous avons aujourd'hui sur Tahiti les renseignements qui manquaient à Hale.

Lors de l'occupation française, l'amiral Lavaud voulut faire rechercher tous les documents relatifs à Tahiti et en particulier la généalogie de la famille des Pomarés. Il confia ce soin à MM. Gaussin et Ribour.

Ces savants officiers se mirent en rapport avec un indigène nommé Maré, homme très-intelligent, qui était en quelque sorte orateur ou commissaire de son gouvernement. D'après Maré, la généalogie des Pomarés, regardés comme une des plus anciennes familles, ne compterait que trente-quatre générations, soit 1020 ans, ce qui reporterait au IXe siècle seulement. Mais il faut faire observer que Maré, récemment converti à la foi chrétienne, aura eu crainte de faire figurer quelque faux dieu dans cette généalogie, et il en aura soigneusement retranché des chefs déifiés par l'imagination du peuple : aussi commence-t-elle aux temps franchement historiques. Il est donc probable que la généalogie de Maré devrait remonter plus haut ; peut-être aussi les Pomarés ne remontent-ils pas aux premiers temps de l'occupation de leurs îles.

Toutes ces données sur lesquelles nous avons suffisamment insisté, nous permettent maintenant de poser nos conclusions générales.

Les Polynésiens n'ont pas été créés sur place.

Ils sont arrivés dans les îles qu'ils habitent par voie de migrations volontaires ou involontaires.

Plusieurs peuples déclarent nettement avoir trouvé le pays désert, et quand leur histoire se tait à ce sujet, il est évident que la chose a été telle.

Quand ils ont rencontré des populations, ces populations étaient nègres ou au moins à teint noir.

Parti de l'archipel indien, le mouvement des migrations s'est dirigé vers Tonga et Samoa, d'où sont parties de l'ouest à l'est toutes les colonies polynésiennes.

Aucune migration ne remonte au delà des temps historiques, d'autres sont toutes récentes.

Telles sont les conséquences auxquelles conduisent non des préjugés, des idées à priori ou de simples hypothèses, mais des faits s'enchaînant naturellement et recueillis pendant un siècle par de savants voyageurs. On a pu voir que ces conclusions étaient forcées, après les documents qu'ils nous ont apportés. Cook et Forster nous rapportent la carte de Tupaïa ; Porter, Ellis, Williams, d'Urville, recueillent des faits nombreux, et la tradition qui donne Hawaïki comme berceau commun à une foule de peuples polynésiens ; Hale, enfin, établit sa magnifique carte des migrations. Grey recueille les chants nationaux de la Nouvelle-Zélande et fait ainsi une histoire précise de son peuplement ; Gaussin et Rémy confirment le fait général de la date récente de ces migrations ; Lavaud et Ricourt, enfin, modifient les détails de ces travaux importants en indiquant des causes d'erreurs. Mais au milieu de tous ces travaux, et de ces corrections, l'œuvre du savant américain n'en ressort qu'avec plus d'éclat, car ses conclusions résistent à ces examens et à ces investigations multiples : son travail est l'œuvre fondamentale des études anthropologiques sur la Polynésie.

Qu'il nous soit ici permis de rappeler le débat qui est au fond de toutes ces questions. Nous avons fait observer que le polygénisme était condamnable parce qu'il mettait l'homme en contradiction avec les lois générales de l'organisation ; qu'il ne faisait qu'éluder les problèmes et les dissimuler, sans les faire disparaître. Le monogénisme, au contraire, accuse nettement les difficultés ; il force d'aborder les questions, sauf à mettre en évidence l'ignorance du moment. L'histoire du peuplement de la Polynésie en est un exemple frappant. Il y a un demi-siècle à peine, on ignorait la physique générale de ces contrées, et ce qu'on en savait rendait difficile et presque inexplicable son peuplement par les migrations ; les polygénistes triomphaient et tiraient de ces difficultés des preuves en faveur de leur doctrine. Bientôt cependant Maury, Tessan, Kérallet, entreprennent une étude sérieuse des vents et des courants marins, en dehors de toute idée anthropologique et dans le seul but de rendre plus faciles les relations commerciales. Hale vient ensuite amenant des faits qui confirment ce qui, sans eux, eût pu être taxé de simple théorie ; et aujourd'hui les monogénistes ont le droit d'affirmer que la Polynésie fut peuplée par des migrations. — Le temps et les progrès de la science leur ont donné raison et montré une fois de plus la différence des deux doctrines.

Avant de terminer, qu'il nous soit encore permis de revenir à des considérations d'une autre nature, que démontrent également les faits que nous venons de passer en revue. Quand nous nous sommes occupés de l'antiquité de l'homme, nous avons vu son apparition reportée beaucoup plus haut qu'on ne pensait ; quand ensuite nous avons cherché à déterminer l'époque des migrations, nous avons été amenés à des dates récentes. Il semble donc qu'aujourd'hui, grâce aux progrès récents de la science, deux horizons différents s'ouvrent pour l'investigateur : l'un éloigné, l'autre rapproché ; de même que, du haut d'une montagne, le voyageur aperçoit à la fois la vallée qui est à ses pieds, et la plaine qui s'étend au loin et se confond avec l'horizon. Ces deux terres que nous apercevons aujourd'hui nous offrent bien des problèmes. Tous ne sont pas encore solubles ; mais n'oublions pas que rapide est la marche de la science, et que les difficultés tomberont une à une devant elle.

Quoi qu'il en soit, il ne faudra pas oublier ces deux points de vue dans l'étude de l'homme, et nous allons trouver à en faire l'application dans l'histoire du peuplement de l'Amérique.

## XII.

### Peuplement de l'Amérique. — Races américaines.

Nous avons terminé, dans notre dernière leçon, l'examen des faits qui se rapportent au peuplement de la Polynésie ; nous avons montré que les migrations, partant de Samoa, ont parfois remonté au Nord, vers la Micronésie, et nous en avons trouvé un exemple dans la formation de la race mixte de l'archipel des Kingsmill. Cette histoire des Kingsmill nous a amenés à aborder, dans un tout autre ordre d'idées, la recherche des dates de ces diverses migrations. Nous avons pu, grâce à des documents recueillis par Hale, Gaussin et Ri-

Digitized by Google

court, Rémy et d'autres, fixer approximativement l'époque du peuplement de cet archipel des Kingsmill, de Tahiti, des Sandwich et des Marquises, et nous sommes arrivés à ce résultat général, que beaucoup de ces migrations sont récentes, et qu'aucune ne dépasse la limite de nos temps historiques. C'est surtout dans les généalogies des familles princières, que les documents nécessaires à la fixation de ces dates ont été pris. Là s'arrêtait l'étude que nous devions faire des migrations polynésiennes, que les faits seuls, étudiés sans idées préconçues, démontrent rigoureusement.

De l'ensemble de nos dernières leçons, résulte donc, avons-nous dit, la preuve de la haute antiquité de l'homme, dont l'apparition remonte à une date plus éloignée qu'on ne le pensait; il en résulte aussi que certaines migrations se sont accomplies à des époques relativement récentes, et c'est cette double considération que nous ne devrons pas perdre de vue dans nos études postérieures.

Nous sommes maintenant arrivés à l'histoire du peuplement de l'Amérique. Cette question du peuplement présente de nombreuses différences en Polynésie et en Amérique. En Polynésie, en effet, la race était une; c'est un problème toujours à une seule inconnue, dont les données varient suivant qu'on l'applique à des régions différentes. En Amérique, au contraire, l'anthropologiste se trouve en face d'une grande variété de races, presque égale à celle de l'ancien continent, et chacune d'elles soulève un problème particulier. La solution est donc ici beaucoup plus difficile, bien que les conditions géographiques soient plus favorables; nous avons, en effet, démontré que par le nord, soit de l'Asie, soit de l'Europe, l'arrivée en Amérique était des plus faciles.

Le fait de ces différences, aussi considérables entre les races de l'Amérique qu'entre les races de l'ancien continent, a été nié. Des auteurs, d'une valeur incontestable, et dont l'opinion mérite d'être prise en sérieuse considération, ont prétendu que tous les Américains se ressemblent. Nous trouvons l'origine de cette négation dans certaines paroles d'Ulloa : « Lorsqu'on a vu un Indien de n'importe quelle région, on peut dire qu'on les a tous vus, pour la couleur et pour les formes. » Ce témoignage d'un savant distingué qui a vécu en Amérique, a entraîné Buffon, Home, Robertson.

De nos jours, beaucoup d'auteurs répètent la même chose. Morton, et après lui l'école américaine, regardent tous ces hommes du nouveau continent comme rentrant dans un seul groupe, dont il faut pourtant exclure l'Esquimau ; et Agassiz, les rapportant tous au type de la Peau-Rouge, en a fait un royaume à part, le quatrième. Ces affirmations sont d'autant plus singulières que de Humboldt et Alcide d'Orbigny avaient fourni des faits démontrant le contraire, que Prichard avait complétés; Gobineau lui-même avait accepté les faits recueillis par eux et leurs résultats. Ces auteurs déclarent, qu'à l'exception des vrais noirs et des vrais blancs, on a trouvé en Amérique tous les intermédiaires entre ces deux races et la jaune.

Voilà ce qu'ils déclarent, et cependant ils ne sont pas allés assez loin; à l'époque de la découverte, il existait en Amérique de vrais nègres, et il existe encore aujourd'hui de vrais blancs vivant à l'état sauvage. Le professeur aime à prendre son auditoire pour juge de ce qu'il avance, en lui montrant des faits qui justifièrent ses assertions; aujourd'hui comme toujours, à l'appui de ces affirmations il citera des textes et des documents oubliés.

La première preuve est empruntée à Lopez de Gomara, ami de Cortez, qui, mis en relation avec plusieurs chefs américains, écrivit leur histoire. Un sire de Génillé traduisit en 1587 le livre de Gomara, et c'est à cette naïve traduction que nous empruntons le texte qu'on va lire.

Vasco de Balboa ayant entendu parler de la mer du Sud, partit, malgré la défense de ses chefs, avec cent quatre-vingts hommes pour traverser l'isthme de Darien. En route, il battit le Cacique de Careca, et, dans sa capitale, « il trouva aucuns esclaves noirs, et demanda à ceulx du pays d'où estoient ces noirs; mais il n'en peust autre chose savoir, sinon qu'il y avoit là auprès des hommes de ceste couleur avec lesquels ils avoient ordinairement la guerre. Ce furent là les premiers noirs qui aient esté veus aux Indes, et si je crois qu'il n'en a point esté veus d'autres. » Cette réflexion de l'auteur montre qu'il s'agit bien de vrais nègres, et non d'hommes à teint foncé, bien connus des Espagnols.

L'existence de nègres isolés au milieu de races très-différentes, a encore été attestée par la découverte qu'on en fit dans l'île de Saint-Vincent, située à l'entrée du golfe du Mexique, c'est-à-dire suivant la direction du courant venant d'Afrique; on les a désignés sous le nom de *Caraïbes noirs*. On a prétendu qu'ils avaient été amenés là à la suite du naufrage d'un négrier. Mais leur présence y fut signalée dès les premiers temps de la conquête, c'est-à-dire de 1492 à 1494 ou 1495. Or, ce n'est qu'en 1503 que les premiers nègres furent transportés aux Antilles; ce n'est qu'en 1517 que Charles-Quint accorda à un seigneur de sa cour le premier privilége pour la traite des noirs, et ce n'est que bien plus tard que cet infâme commerce s'étendit et se généralisa. Devant ces dates, tombe l'explication que l'on voudrait donner de la présence des nègres de Saint-Vincent par importation européenne. Cette explication n'aurait pu, d'ailleurs, s'appliquer aux Charruas du Brésil, hommes noirs, à peu près exterminés aujourd'hui à cause de leur férocité. Laissant la Californie de côté, et les preuves qu'elle pourrait nous fournir, nous croyons avoir démontré que les nègres existaient en Amérique avant la conquête.

La race blanche existe en Amérique à l'état sauvage. Il faut ici laisser de côté notre orgueil de blanc, et voir dans ce fait la preuve que notre race n'a pas échappé à la loi commune. Elle a eu ses tristes commencements, et nous surprenons là l'origine d'une de ces sociétés qui marchent aujourd'hui à la tête de la civilisation. Ces races blanches sauvages se rencontrent du 48e au 58e degré de latitude nord, sur la côte ouest de l'Amérique; ce sont des populations qui chassent et pêchent, et sur lesquelles nous reviendrons.

A l'île Nootka, Meares, qui voyagea dans ces contrées, de 1786-1789, trouva une population dont il parle ainsi : « Quant à leur peau, lorsqu'ils l'ont nettoyée et qu'elle n'est plus barbouillée d'ocre, elle paraît très-blanche. Quelques femmes, non-seulement avaient le teint de nos plus belles femmes d'Europe, mais encore leurs traits étaient si gracieux et si délicats, qu'ils eussent attiré les regards dans les contrées de la terre où l'on est le plus sensible aux agréments naturels et aux charmes de la physionomie. Il est vrai qu'alors, elles étaient débarrassées de cette malpropreté qui leur est habituelle, et dont on ne parvenait qu'avec beaucoup de peine à leur inspirer le dégoût. Au reste, ces exemples de beauté ne sont pas communs chez les femmes de Nootka. » Meares, dit encore des femmes du havre de Wicananish : « Elles étaient

Digitized by Google

plus belles que les femmes de Nootka, outre que leurs charmes étaient relevés par une grande modestie. »

Marchand, qui visita les îles de la Reine-Charlotte, de 1790-1792, dit en parlant de la population de Cloak-Bay : « Les traits des naturels sont réguliers, et leur physionomie est à peu près celle des peuples d'Europe. Leur peau paraît brune; mais, s'ils étaient décrassés et qu'ils s'exposassent moins au grand air et à l'intempérie des saisons, leur couleur ne différerait pas de la nôtre; on en a même remarqué plusieurs, sur lesquels sans doute ces causes ont moins agi, dont le teint est moins bruni que celui des habitants de nos campagnes... Les femmes de Cloak-Bay sont encore loin d'être jolies; cependant, elles sont blanches; leurs traits n'ont rien de dur ni de rebutant, mais la plupart sont malpropres à l'excès. »

La Pérouse, qu'on peut appeler le Cook français, trouva également une population blanche au Port-Français, qu'il découvrit et parcourut de 1785 à 1788. Il y trouva des enfants blancs comme les enfants européens, mais que l'exposition à l'air brunit bien vite. Parlant des femmes, il insiste aussi sur leur malpropreté, et dit : « L'ocre, le noir de fumée, la plombagine, mêlés avec l'huile de loup marin, leur servent à se peindre le visage et le reste du corps d'une manière effroyable. »

Dixon, qui visita ces contrées presque en même temps, chercha à voir ce qu'il y avait sous cette affreuse teinture. Voici comment il s'exprime : « Ils aiment à se peindre le visage de différentes couleurs, de sorte qu'il n'est pas aisé de découvrir quel est leur teint réel. Nous parvînmes cependant à engager une femme, tant à force d'instances que de présents de peu de valeur, à se laver le visage et les mains. Le changement que cette ablution produisit sur sa figure nous causa la plus grande surprise. Son teint avait toute la fraîcheur et le coloris de nos joyeuses laitières anglaises, et l'incarnat de la jeunesse qui brillait sur ses joues, contrastant avec la blancheur de son cou, lui donnait un air charmant. Ses yeux étaient noirs et d'une vivacité singulière; elle avait les sourcils de la même couleur, et admirablement bien arqués. Son front était si ouvert, qu'on pouvait y suivre les veines bleuâtres jusque dans leurs plus petites sinuosités. Enfin, elle aurait pu passer pour une beauté, même en Angleterre; mais cette proportion dans les traits est détruite par une coutume bien singulière. » En effet, ces jolies femmes portent la botoque, c'est-à-dire qu'elles se percent la lèvre inférieure pour y passer un os qu'elles considèrent comme un fort bel ornement. Il est possible que l'on doive admettre de l'enthousiasme dans cette description faite par un marin qui, depuis longtemps, n'a pas vu de femme blanche; mais il y a là un détail très-important et caractéristique de la race blanche pure, c'est l'apparence bleuâtre des veines à travers la peau. C'est un renseignement précieux à noter, car le fait ne peut exister qu'avec une peau blanche et fine.

Maurelle, un Espagnol commandant en second de la *Favorite*, en 1780, parle ainsi des femmes blanches de Port-Français : « Mieux habillées, plusieurs d'entre les femmes sauvages de cette contrée pourraient disputer d'agrément avec les plus belles femmes espagnoles. » Voilà certes un aveu précieux, et un pareil témoignage est fort important à recueillir de la part d'un Espagnol, si fier, comme tous ses compatriotes, de la beauté des femmes de son pays.

Il est important d'insister sur ces preuves de l'existence, dans l'extrême Occident de peuples blancs sauvages. Mais ce n'est pas seulement au nord-ouest que l'on trouve ces populations blanches, il en existe encore dans le centre. Ce fait est attesté par l'illustre navigateur que l'on considère généralement comme ayant découvert l'Amérique, par Christophe Colomb, ou plutôt par son fils Fernand. Voici ce qu'il dit des habitants de Guanaani (San Salvador), la première terre qu'il découvrit; « Ils sont de moyenne taille, bien proportionnés, ont l'air vigoureux; leur couleur est légèrement olivâtre, comme celle des Canariens ou des gens de la campagne brûlés par le soleil. »

En arrivant à Saint-Domingue, il trouva une population « beaucoup plus belle et plus blanche que celles qu'il avait rencontrées dans les autres îles », c'est-à-dire une population plus belle et plus blanche que nos paysans d'Europe. Or Colomb avait parfaitement distingué ces Indiens des Caraïbes, qui avaient poussé leurs razzias jusqu'à Saint-Domingue.

Des Américains ressemblant aux Canariens existent encore distinctement dans le Pérou. M. Angrand, consul général dans cette contrée, y a vu et étudié les Charazanis, population que beaucoup de traits rapprochent des Européens, et qui est supérieure à ses voisins, dont elle s'éloigne avec grand soin.

Le témoignage suivant est emprunté à M. l'abbé Brasseur de Bourbourg, qui, curieux de l'histoire de l'Amérique, y vécut longtemps, et se fit curé de Rabinal. « Quand j'étais entouré de mes Indiens, dit-il, je me croyais entouré d'Arabes; ils en avaient le teint, les traits, la barbe. Ils sont d'ailleurs de race parfaitement pure. »

Les Canariens, les Arabes, les Espagnols appartiennent aux variétés brunes de la race blanche; mais il existait en Amérique des populations blanches, accusant une origine plus septentrionale. Citons d'abord Félix d'Azara : « Quant à la couleur, parmi tous les indigènes d'Amérique que j'ai eu l'occasion de voir, il ne s'en trouvait certainement aucun qui fût aussi blanc qu'un Anglais ou un Allemand, mais j'en ai vu beaucoup qui avaient le teint plus clair qu'on ne l'a, en général, en Espagne et en Italie. » C'était, de 1781 à 1801, que d'Azara voyageait; on pourrait donc dire que ces races blanches dont il parle, étaient métisses; mais nous allons voir le même fait affirmé par des contemporains de la conquête qui vont même plus loin que lui.

Gomara, parlant des indigènes de Cumana (Vezuela), dit : « Les femmes qui restent dans les maisons étaient jolies, nues et blanches; les Indiens qui vont aux champs sont noircis par le soleil. » N'est-ce pas ce qui arrive chez nous-mêmes?

Nous pourrions multiplier les textes, mais nous terminerons par ce que Pierre Martyr dit des indigènes du golfe de Paria, qui reçoit une partie de l'Orénoque : « Utriusque sexus indigenæ albi veluti nostrates præter eos qui sub sole versantur. » Plus loin : « Pariæ incolæ albi; capillis oblongis, protensis, *flavis*. » Pierre Martyr écrivait au XVIe siècle, à une époque fort voisine de la découverte. Insistons sur la valeur du mot *flavis*, qu'il emploie, et qu'on ne peut traduire que par *blonds*. Il y avait donc en Amérique des races blondes, comme il y a des hommes blonds à Tahiti.

La race jaune pure existe en Amérique. Du côté des régions boréales, le fait est évident, admis et reconnu par tous les voyageurs et les polygénistes. Il y a, en ce point, une identité de langage et de traits physiques telle, que l'école américaine n'a pu la méconnaître.

Dans l'Amérique méridionale, nous trouvons les Botocudos,

Digitized by Google

qui, d'après le prince de Neuwied, appellent les Chinois *leurs oncles*, frappés qu'ils sont eux-mêmes des grandes ressemblances qui les rattachent à ce peuple.

Tous les voyageurs ont reconnu cette analogie; tous insistent sur les pommettes saillantes, les yeux bridés, le teint jaune de ces populations. Bornons-nous à citer parmi eux deux voyageurs modernes. M. de Castelnau, après avoir habité l'Amérique du Sud, au milieu de ces races jaunes, fut ensuite nommé consul général à Siam. Entre ces deux populations, la ressemblance était si grande, qu'il écrivit : « Quand j'étais entouré de mes serviteurs siamois, je me croyais en Amérique. » M. Levavasseur, de son côté, qui avait longtemps parcouru l'Amérique du Sud, ne put s'empêcher de dire, en assistant à la visite des ambassadeurs siamois au Jardin d'acclimatation : « Mais voilà mes Botocudos ! »

Ainsi, les trois grandes races de l'ancien continent ont leurs représentants dans toute leur pureté typique en Amérique; mais il faut avouer que c'est là l'exception. Le type y est d'ordinaire modifié, et nous serons amenés à considérer l'immense majorité des populations comme formée de races mixtes. Des croisements nombreux, des changements de milieu ont amené ce résultat. L'Amérique nous présente donc, comme exception, les trois types de l'ancien continent dans leur pureté, comme règle des populations devenues mixtes.

Mais il faut ici se demander si l'Amérique n'a pas un type humain qui lui soit propre, et le nom d'*homme rouge* arrive naturellement à l'idée. Cet homme rouge fut longtemps considéré comme l'homme caractéristique de l'Amérique; aujourd'hui, la difficulté qu'il semblait soulever a disparu. On sait, en effet, qu'il se retrouve dans l'ancien continent, en une traînée qui traverse l'Afrique de l'est à l'ouest, partant de l'Abyssinie, qui est le centre de cette population rouge, et arrivant jusqu'au Sénégal. Divers auteurs ont attesté qu'il existait en Polynésie, en Malaisie, en Corée, etc., Gliddon, dans les *Types of Mankind* nous fournit un témoignage plus frappant encore; il cite une lettre détaillée d'un Américain nommé Habersham, qui trouva à Formose une race rouge, entièrement semblable aux Américains Peaux-Rouges.

Au reste, Hamilton Smith, qui a dessiné plusieurs individus dans toute l'Amérique, déclare qu'aucun n'est d'un rouge aussi vif que les pêcheurs français ou espagnols. Des lazzaroni napolitains présentent cette teinte-là tout aussi éclatante.

Ces faits montrent que l'homme rouge n'est pas propre à l'Amérique. Il y a plus : nous savons aujourd'hui, grâce à l'amiral Fitz-Roy, dans quelles circonstances apparaît, par suite du croisement, cette couleur exceptionnelle. Il nous a même appris que, trois fois, il fut témoin de la production de l'homme rouge par les croisements entre Anglais et Polynésiens.

Nous ne trouvons donc sur le sol américain que les trois types humains que nous présente l'ancien continent. Il reste à montrer que ce ne sont pas des produits du sol, et que là aussi les migrations se montrent comme jouant un rôle incontestable dans un grand nombre de cas.

L. Hallez.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

### COURS DE M. VULPIAN (1).

### XXXVI.

**Système nerveux des Oiseaux. — Considérations physiologiques sur le cerveau des Mammifères.**

Lorsqu'on passe des Reptiles aux Oiseaux, on franchit, relativement aux fonctions qui nous occupent, un intervalle considérable. Si nous avons trouvé encore chez les Reptiles une imperfection relative dans les manifestations des fonctions cérébrales, nous constatons, chez le plus grand nombre des représentants de la classe des Oiseaux, un développement des plus remarquables de ces fonctions. Aussi ne doit-on pas s'étonner de voir chez les animaux de cette dernière classe les parties de l'encéphale qui président à l'intelligence prendre une prépondérance tout à fait décidée. J'ai fait placer devant vous des encéphales d'Oiseaux, en ayant soin de représenter les principaux ordres. Un premier coup d'œil vous convaincra de cet accroissement du volume du cerveau proprement dit. Voici d'autre part des pièces sur lesquelles vous pourrez suivre facilement la description succincte que je vais tracer des parties centrales du système nerveux des Oiseaux.

Nous allons étudier successivement le myélencéphale et le grand sympathique.

A. *Myélencéphale.* — Un premier fait à noter, c'est l'uniformité si frappante de la disposition des diverses parties du myélencéphale chez tous les Oiseaux. La moelle épinière remplit le canal vertébral dans toute sa longueur; elle se prolonge jusque dans la région coccygienne où elle est réduite à un cordon filiforme. Chez les Oiseaux, la substance grise est disposée comme chez les Mammifères, mais, au niveau du renflement crural, qui est le plus considérable, on trouve un sinus, le *sinus rhomboïdal*. A cet endroit, les colonnes postérieures s'écartent et la substance grise ainsi mise à nu est moins consistante que dans le reste de la moelle. Lorsqu'on découvre cette région de la moelle chez un Oiseau, on voit que l'exposition de la substance grise à l'air ne détermine presque aucun effet appréciable, aussi est-ce un véritable lieu d'élection pour les expériences que l'on veut tenter sur la substance grise de la moelle des Oiseaux.

En remontant vers l'encéphale on arrive à la *moelle allongée* qui n'offre rien de bien remarquable, si ce n'est des renflements sur le trajet des nerfs auditifs. Il y a certainement dans la moelle allongée des entrecroisements entre les deux moitiés de la moelle allongée, comme chez les Mammifères. M. Flourens a démontré

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la 1re année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18, 25, 27, 29, 33, 36, 37, 40, 41 et 44 de la 2e.

Digitized by Google

l'existence des entrecroisements par l'expérimentation. Nous trouvons enfin un quatrième ventricule, et c'est vers l'angle postérieur de ce quatrième ventricule que vous devrez chercher le point vital, ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de vous le démontrer sur le Pigeon.

Le *cervelet* qui recouvre ce quatrième ventricule est réduit à son lobe médian. On aperçoit cependant deux prolongements latéraux; mais pour certains auteurs ce ne sont pas les lobes latéraux, ce sont plutôt les représentants des *touffes*. L'aspect du cervelet offre une disposition très-nette de sillons et de lamelles. Mais je crois devoir vous dire que l'on n'a pu encore établir aucun rapport entre les fonctions encéphaliques et la présence de ces lames. En faisant une coupe du lobe médian, vous distinguez parfaitement cette texture. Vous voyez que la substance grise, qui est externe, est formée de deux couches, l'une franchement grise, l'autre légèrement rouillée. Cette substance grise est séparée par des sillons profonds qui eux-mêmes sont entrecoupés de sillons de deuxième ordre, et les portions de substance grise comprises dans ces lignes forme des lames ou des lamelles. L'axe de chacune de ces lamelles est constitué par de la substance blanche qui semble émaner du centre du cervelet, et cette disposition réciproque de la substance blanche et de la substance grise forme ici, comme chez les Mammifères, un *arbre de la vie*.

Au-dessous de la glande pinéale, et au devant du cervelet, nous trouvons les *lobes optiques* ou *tubercules bijumeaux* qui sont les analogues des tubercules quadrijumeaux des Mammifères. Je vous ai décrit déjà des lobes semblables chez les Poissons et chez les Reptiles. Ils sont creusés d'une cavité comblée en grande partie par une saillie. Les tubercules bijumeaux offrent à l'extérieur une coloration blanche, surtout au voisinage des racines des nerfs optiques. L'analogie cependant n'est pas absolument complète avec les lobes des Poissons ou des Reptiles : chez les Oiseaux, en effet, les lobes optiques sont écartés l'un de l'autre et réunis par une large bande commissurale sous laquelle passe l'*aqueduc de Sylvius*. Quant au nombre de ces lobes, il faut dire que chez tous les Vertébrés, excepté chez les Mammifères, ils sont au nombre de deux, et représentent pour ainsi dire l'état embryonnaire des Mammifères.

Les *couches optiques* sont assez petites et placées sur les confins du troisième ventricule.

Entre le cerveau proprement dit et le cervelet, on voit encore la *glande pinéale* dont les pédoncules viennent de la partie antérieure de la commissure située entre les lobes optiques.

Nous arrivons aux *hémisphères cérébraux* dont l'aspect est bien différent de celui qu'ils présentent chez les Mammifères. Ils affectent dans leur ensemble une forme triangulaire, à sommet antérieur; ils sont peu allongés et leur surface n'est pas parcourue par de véritables circonvolutions. Il y a cependant un indice de la scissure de Sylvius et parfois une ou deux dépressions sur chaque lobe, lesquelles sont destinées à loger des vaisseaux. La grande différence qui existe entre le cerveau des Mammifères et celui des Oiseaux, c'est l'absence chez ces derniers de véritable *corps calleux*. Au lieu de cette commissure, il n'y a entre les hémisphères qu'une petite bandelette qui, pour quelques auteurs, est le rudiment du corps calleux, tandis que pour d'autres ce serait une voûte à trois piliers. Ce petit pont de substance blanche s'épanouit en rayonnant en partie sur la face interne de chaque hémisphère. En avant et au-dessus de ce rudiment des corps calleux il existe une *commissure antérieure* située immédiatement en avant des couches optiques. Ce qu'il y a surtout de spécial chez les Oiseaux, c'est la disposition des *ventricules latéraux* qui sont assez développés. Ils sont situés à une très-faible distance de l'écorce cérébrale. De la base des lobes s'élèvent des noyaux volumineux qui remplissent complétement la cavité des ventricules et qui ont été comparés par quelques auteurs aux *corps striés*. Enfin, en avant des hémisphères cérébraux, se trouvent les *lobules olfactifs*, généralement creux et communiquant avec les ventricules cérébraux.

B. *Grand sympathique.* — Le système grand sympathique existe chez les Oiseaux et les notions déjà acquises me permettront d'être très-bref et de me borner à énoncer quelques traits saillants de ce système. Il se compose, comme toujours, de ganglions et de cordons nerveux. A la région cervicale les cordons du système sympathique sont contenus dans l'intérieur du canal vertébral. A la région cervicale inférieure, le grand sympathique quitte ce canal et l'on trouve les ganglions thoraciques sur les nerfs intercostaux : ils donnent chacun d'assez nombreuses branches. Ce qui est digne d'attention chez les Oiseaux, c'est que, de même que chez les Crocodiliens, les deux cordons sympathiques au niveau de la région sacrée se réunissent sur la ligne médiane pour former un cordon unique, impair.

*Physiologie.* — Ce que nous avons déjà vu lorsque nous nous occupions de la physiologie générale nous permettra encore ici d'aller rapidement, car nous avons souvent pris les Oiseaux comme sujets de nos expériences. Il n'y a rien à ajouter de particulier sur le grand sympathique dont les fonctions sont évidemment les mêmes que chez les Mammifères. Il en est de même pour la moelle, pour le bulbe rachidien, pour le cervelet, pour les lobes optiques. Je vous renvoie à ce que j'ai déjà dit antérieurement.

Le cerveau a déjà été aussi le sujet de nos études. J'ai répété devant vous les expériences de M. Flourens, et, c'est surtout chez les Oiseaux que l'on peut observer aisément les résultats de l'ablation des hémisphères cérébraux. Les animaux de cette classe présentent d'abord une résistance très-grande aux opérations; et les phénomènes expérimentaux sont ici d'autant plus intéressants que ces animaux possèdent une intelligence non douteuse et très-comparable à celle des Mammifères supérieurs.

Digitized by Google

Je place encore sous vos yeux des Pigeons auxquels on a enlevé les hémisphères cérébraux; et, sans revenir sur tous les points que j'ai examinés devant vous, je veux seulement vous faire remarquer l'attitude spéciale de ces animaux. Ils sont plongés dans une somnolence continuelle; tous les instincts sont éteints chez eux, même ceux qui sont nécessaires pour les fonctions de nutrition. Non-seulement ils ne saisissent pas spontanément leur nourriture, mais alors même qu'on l'introduit dans leur bec, ils ne l'avalent pas et il faut pousser la substance alimentaire jusqu'aux limites où un mouvement purement réflexe de déglutition l'entraîne dans le canal digestif. Ces Pigeons restent immobiles et inertes à moins qu'une excitation ne détermine des mouvements réflexes.

Et cependant, chez l'Oiseau qui n'a pas subi cette mutilation, il existe une intelligence, souvent même très-élevée et très-voisine de celle des Mammifères. Ces merveilleux instincts, tels que, par exemple, ceux de nidification, de migration, se montrent à des degrés divers chez les Oiseaux; et des naturalistes ont voulu chercher s'il n'y avait pas de caractères de poids, de volume ou de forme des lobes cérébraux, correspondant aux divers degrés du développement intellectuel. On a observé d'abord que c'est parmi les Oiseaux que l'on trouve les encéphales les plus volumineux relativement au poids du corps, et cela surtout chez les petites espèces. Ainsi chez la Mésange à tête bleue, le rapport du poids de l'encéphale au poids du corps est comme 1 est à 15. Chez le Serin, la proportion est de 1 pour 14; et chez le Rouge-Gorge comme 1 est à 23.

Mais en ne considérant que le cerveau proprement dit, et en laissant de côté la question de poids, on a cherché si les caractères morphologiques avaient quelque rapport avec les manifestations intellectuelles. Or, on a vu que les Oiseaux sont d'autant plus intelligents, que la masse cérébrale se prolonge davantage en avant et en arrière, allant recouvrir plus ou moins dans ce dernier sens les lobes optiques et même parfois une partie du cervelet. Leuret a dressé une liste sur cette base, et ce sont les animaux les plus intelligents qui occupent les premiers rangs : le Perroquet, la Pie et le Corbeau. Le cerveau du Perroquet est même tout à fait hors ligne; c'est aussi ce cerveau qui offre proportionnellement les plus grandes dimensions de la base à la surface supérieure. Or, le Perroquet mérite parmi les Oiseaux d'être placé tout à fait au premier rang; il est, comme disait Linné, le Singe de la classe des Oiseaux.

Non-seulement les Oiseaux sont au nombre des animaux les plus remarquables par leurs instincts de nidification, de migration, d'orientation, par leurs instincts sociaux, leurs instincts d'imitation, leur chant; non-seulement chez eux l'intelligence se manifeste de la façon la plus nette; mais encore c'est dans cette classe que l'on voit réellement apparaître les facultés affectives. Chez les Reptiles, ces facultés ne sont qu'indiquées en quelque sorte, tandis que chez les Oiseaux elles sont tout à fait manifestes. Il est inutile de vous en citer des exemples; vous avez tous été témoins de la tendre sollicitude avec laquelle la mère veille sans cesse sur ses petits alors qu'ils sont encore faibles. Pour ne parler que de ce sentiment, il pousse parfois les femelles à montrer un courage bien au-dessus de leurs forces. Dans les classes inférieures de Vertébrés nous ne trouvons rien de semblable et chez un bon nombre de Mammifères, ces facultés sont bien moins développées que chez les Oiseaux.

### Mammifères.

Nous ne voulons pas revenir sur le grand sympathique, ni sur toutes les parties du myélencéphale : ce serait nous exposer à de fastidieuses répétitions. Nous ne voulons dire quelques mots que sur la physiologie du cerveau proprement dit.

Je vous rappelle que le cerveau proprement dit doit être limité aux hémisphères cérébraux indépendamment des corps striés et des couches optiques. Or, un premier fait d'anatomie comparée que je vous signale, c'est l'absence du corps calleux chez les Monotrèmes et les Marsupiaux. Il n'existe dans ces deux groupes qu'un rudiment de la voûte à trois piliers. Souvenez-vous de ce que je viens de vous dire pour les Oiseaux. Il semble qu'il y ait un rapprochement aux confins des deux classes et que les Monotrèmes et les Marsupiaux constituent une transition de l'une à l'autre. Les tubercules mamillaires n'existent bien distincts que chez les Primates, chez les Dauphins et chez quelques Carnassiers. Chez les autres animaux ils sont réunis en une seule masse. Au-dessous de chaque lobe cérébral, excepté chez les Dauphins, les Phoques, les Singes et l'Homme, il y a un véritable lobe olfactif, sur lequel on distingue nettement le processus olfactif. Le lobe, son prolongement et le bulbe olfactif sont creux et communiquent avec le ventricule latéral correspondant.

Outre la présence ou l'absence de ces diverses parties, il est d'autres considérations qui ont attiré l'attention des physiologistes. Telles sont les observations qui se rapportent à la forme, au volume, au poids du cerveau, etc. Pour la forme, elle est assez variable. En général, elle est assez allongée suivant le diamètre antéro-postérieur. Cependant le cerveau des Phoques, des Dauphins et des Baleines est plutôt arrondi, et même, chez les Cétacés, le diamètre transversal l'emporte sur le diamètre longitudinal. Le volume et le poids relatifs sont, d'une façon générale, en rapport avec le développement intellectuel. Le volume absolu est plus considérable chez la Baleine, les grands Dauphins et l'Éléphant que chez l'homme. Chez l'Éléphant, par exemple, le volume est trois fois plus considérable que chez l'Homme. Mais si on laisse de côté ces quelques exceptions, on peut établir comme une règle générale que

Digitized by Google

l'homme a l'encéphale plus volumineux que les autres Mammifères, et cela est vrai même lorsqu'on le compare à l'encéphale d'animaux de très-grande taille, tels que l'Hippopotame, le Rhinocéros, le Bœuf et le Cheval. Outre cette évaluation absolue, il est une autre évaluation relativement au poids du corps; dans ce cas, la supériorité de l'encéphale de l'homme ne souffre aucune exception dans la classe des Mammifères, si on le compare à celui des animaux adultes.

J'ai fait placer devant vous des spécimens d'encéphales de tous les ordres des Mammifères et vous pouvez vérifier les indications que je viens de vous donner. Sur la plupart des cerveaux vous pouvez constater aussi la présence de nombreux replis ou de circonvolutions à la surface du cerveau des Mammifères. Cette disposition a attiré l'attention des observateurs; Rolando le premier a commencé sur ces plis une étude, continuée par divers anatomistes et achevée de la façon la plus remarquable par M. Gratiolet, qui les a décrits avec soin et qui a rendu ainsi un bien grand service à la science. Des physiologistes ont attribué une très-grande importance à la présence et à la disposition de ces plis, aussi dois-je vous en dire quelques mots. On ne trouve pas ces plis ni chez l'Ornithorhynque, ni chez les Marsupiaux. Ils sont à peine visibles chez les Rongeurs, tels que les Rats, l'Écureuil, le Loir, le Lérot et chez plusieurs Chauves-Souris, entre autres la Pipistrelle. Les premières traces apparaissent chez l'Échidné, les Sarigues, les Lièvres, les Marmottes, les Castors et les Porcs-Épics. Leur développement est considérable chez les Ruminants, les Pachydermes, les Carnassiers, et enfin ces circonvolutions sont très-marquées chez les Singes et surtout chez l'homme. Je vous ai dit que les physiologistes avaient subordonné le développement plus ou moins grand de l'intelligence à la présence de ces replis, et cependant, en considérant la liste que je viens de dérouler sous vos yeux vous pouvez vous convaincre que cette loi souffre des exceptions. Les Castors en effet ne sont placés que dans une catégorie inférieure, et cependant vous connaissez leurs merveilleux instincts qui certainement les placent sur un plan supérieur aux Ruminants.

Mais laissons un moment de côté ces caractères du cerveau proprement dit chez les Mammifères. Étendons notre vue comparative à toute la série animale. Il n'y a pas de différence bien tranchée entre les Mollusques et les Articulés sous le rapport du volume des ganglions cérébroïdes. Cependant une comparaison faite avec la plus grande rigueur établirait un avantage en faveur de ces derniers. De plus, les ganglions cérébroïdes se développent d'autant plus chez les Articulés, qu'aux phénomènes instinctifs s'ajouterait des phénomènes intellectuels, comme l'a démontré Dujardin pour l'Abeille. Si des Invertébrés on passe aux Vertébrés, les données deviennent plus positives, et, pour ne pas me perdre dans des détails prolixes, qu'il me suffise de vous citer quelques moyennes obtenues par Leuret par un grand nombre de pesées. Ainsi, le rapport du poids du cerveau au poids de tout le corps est pour les Poissons comme 1 est à 5668; pour les Reptiles comme 1 est à 1324; pour les Oiseaux comme 1 est à 212, et pour les Mammifères comme 1 est à 186. Certains poids relatifs aux Oiseaux paraissent contradictoires, mais il faut bien remarquer que l'on a pesé tout l'encéphale et que les dimensions de l'isthme de l'encéphale relativement aux hémisphères cérébraux sont d'autant plus grandes que l'on s'éloigne davantage de l'homme.

Une autre pesée comparative qui serait tout à l'avantage des Mammifères supérieurs et surtout de l'Homme, c'est celle du poids de l'encéphale comparé au poids des nerfs qui en naissent. Ainsi, plus on s'élève vers l'Homme, plus se sépare la sphère organique des fonctions intellectuelles de celle des fonctions sensitives et motrices. Les organes qui exécutent ces dernières fonctions demeurent stationnaires ou même se réduisent, tandis que l'organe des facultés intellectuelles se développe de plus en plus.

Je reviens aux circonvolutions et au rapport de leur disposition avec le degré de l'intelligence chez les Mammifères. Les plus intelligents parmi les animaux sont les Phoques, les Dauphins, les Carnassiers, l'Éléphant et les Singes. Or, les circonvolutions sont très-différentes comme forme et comme complication chez ces divers animaux. Chez le Chien, elles ne sont relativement que très-peu compliquées ; elles le sont beaucoup plus chez les autres, mais aussi bien chez le Chien que chez les autres animaux que nous venons de citer, leur arrangement est très-différent de celui qu'il présente chez l'homme. De plus, le cerveau ne recouvre pas complétement le cervelet en arrière, et cette disposition est un fait très-saillant chez l'Éléphant.

Chez les Singes, on remarque en général une assez grande complication des circonvolutions. Chez le Pinche, par exception, elles sont très-peu prononcées. Un caractère remarquable chez les Guenons et chez les Macaques, c'est l'état lisse du lobe occipital : ce lobe, du reste, comme l'a bien démontré M. Gratiolet, est plus développé chez les Singes que chez l'homme.

Mais quand on arrive aux Singes anthropomorphes, aux Orangs, Chimpanzés, Gorilles, les différences qui existaient entre les Mammifères et l'Homme tendent bien à s'effacer. On trouve chez ces Quadrumanes des ventricules latéraux avec une corne d'Ammon et un ergot de Morand comme chez l'Homme. Toutefois, M. Gratiolet a signalé certaines différences. Ainsi, la scissure parallèle est large et profonde chez les Singes et beaucoup moins marquée chez l'Homme. De plus, le troisième pli de passage entre le lobe pariétal et le lobe occipital est caché sous l'opercule du lobe occipital chez les Singes, tandis que chez l'Homme il est superficiel. Enfin, pendant la période de développement, ce sont les circonvolutions temporo-sphénoïdales qui apparaissent les premières chez le

Digitized by Google

Singe et le développement s'achève par le lobe frontal. C'est précisément l'inverse chez l'homme; les circonvolutions frontales se montrent tout d'abord, les circonvolutions temporales en dernier lieu. Une question nous reste : y a-t-il des différences entre les diverses races d'homme? Jusqu'ici on n'en a encore signalé aucune qui ait une valeur réelle.

Nous venons de voir les principales différences que l'on peut signaler entre l'encéphale des Singes et celui de l'Homme. Après de longues discussions auxquelles ont pris part H. Owen, Huxley, Allen Thompson, Georges Rolleston, tous les autres traits distinctifs qui avaient été indiqués ont été trouvés inexacts.

Et ces différences sont bien minimes. Il ne faut pas se faire d'illusion à cet égard. L'Homme est bien plus près des Singes anthropomorphes par les caractères anatomiques de son cerveau, que ceux-ci ne le sont, non-seulement des autres Mammifères, mais même de certains Quadrumanes, même des Guenons et des Macaques. Car, comme le fait remarquer M. Huxley, non-seulement les circonvolutions sont plus dissemblables, mais il y a un caractère distinctif important, c'est que chez ces derniers Singes, les corps mamillaires sont réunis en un renflement unique.

Ce n'est donc pas dans les caractères anatomiques du cerveau qu'il faut chercher une différence profonde entre l'Homme et les Singes. Il serait aussi mauvais de chercher cette différence dans les caractères de disposition musculaire ou osseuse des membres. C'est dans la qualité de la substance cérébrale que résident les différences véritables. Supposons qu'un Singe ait le crâne aussi gros que celui d'un Éléphant, on n'aura qu'un Singe plus ou moins perfectionné sans doute, mais dont les fonctions cérébrales n'auront pas changé essentiellement et seront bien différentes de celles de l'Homme. Ce n'est pas la quantité ni la disposition de la substance cérébrale qui décident de ses virtualités physiologiques, c'est sa nature, sa qualité, comme je viens de le dire. Or, nous ne pouvons apprécier cette nature, cette qualité de la substance cérébrale que par les fonctions dévolues au cerveau.

Plus de recherches comparatives uniquement basées sur l'anatomie du cerveau! On peut s'étonner de voir que l'on persévère dans cette voie sans issue. Le zoologiste a le droit et le devoir de puiser à d'autres sources d'information que l'anatomie pure. Alors que cette science n'apprend plus rien ou presque rien, la physiologie peut fournir de précieuses données. Or, c'est dans l'examen des fonctions cérébrales et des facultés intellectuelles que nous devons chercher les éléments d'une distinction entre l'Homme et les Mammifères qui sont le plus rapprochés de lui. Et c'est ce que je me propose de faire dans ma prochaine leçon.

E. Brémond.

## COLLÉGE DE FRANCE.

### CHIMIE ORGANIQUE.

COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

### XVI.

**Sur la Chaleur animale.**

La vie a été comparée à une flamme dès les temps les plus anciens; mais ce n'était là qu'une métaphore poétique jusqu'au jour où Lavoisier reconnut que les animaux absorbent de l'oxygène et rejettent de l'acide carbonique par le fait de la respiration.

Il chercha dans ce double phénomène l'origine de la chaleur animale, c'est-à-dire de cette production continuelle de chaleur qui maintient à une température presque invariable le corps de l'homme et des animaux supérieurs. Lavoisier assimila la production de la chaleur animale à celle qui résulte de la combustion directe du charbon et de l'hydrogène.

Cette opinion a servi de point de départ à un grand nombre de travaux et d'expériences depuis la fin du XVIII^e siècle. Je n'ai pas l'intention de les rappeler ici, et je me bornerai à renvoyer au livre classique que M. Gavarret a publié sur la chaleur animale. Mais, depuis quelques années, les théories des physiciens et des chimistes sur la chaleur ont éprouvé des changements considérables. On a établi des relations directes d'équivalence entre le travail mécanique et les effets produits par la chaleur. Ces derniers effets eux-mêmes doivent être regardés aujourd'hui comme la représentation du travail moléculaire effectué par les affinités chimiques.

J'ai poursuivi l'application de ces idées à la formation synthétique et aux métamorphoses des composés organiques, et je suis arrivé à des résultats nouveaux, que j'ai développés depuis un an dans plusieurs mémoires présentés à l'Académie des sciences, et surtout dans les leçons que j'ai professées dans cette enceinte.

Dans la présente leçon, je me propose d'appliquer les mêmes idées et les mêmes déductions à la question de la chaleur animale, et de montrer comment elle me paraît devoir être envisagée dans l'état présent de la science.

Établissons d'abord les données du problème, indépendamment de toute hypothèse, et en nous bornant à des notions positives et expérimentales.

Les animaux sont le siége d'un grand nombre de phénomènes chimiques. Ils absorbent continuellement de l'oxygène; ils consomment des aliments; d'autre part, ils rejettent au dehors de l'acide carbonique et divers

(1) Voyez les n^os 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40 et 42; et pour le cours du premier semestre, les n^os 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

Digitized by Google

produits excrémentitiels. De tels effets représentent les deux termes extrêmes et opposés de toute une série de métamorphoses chimiques, accomplies dans les tissus animaux, en partie aux dépens des matières ingérées, en partie aux dépens des tissus animaux eux-mêmes. Or, les métamorphoses chimiques répondent en général à des effets calorifiques qui en sont la conséquence. Sans discuter ici le siége de ces métamorphoses, il s'agit de chercher quelle peut être la relation entre la chaleur produite par un animal et celle qui résulterait des réactions chimiques effectuées dans ses organes et dans ses tissus.

Ces deux quantités sont-elles égales? sont-elles différentes? Dans le dernier cas, quelles peuvent être les causes des différences observées, et comment ces causes peuvent-elles être discutées par la méthode expérimentale? Voilà ce qu'il s'agit d'examiner.

Quatre données essentielles dominent la question, savoir :

1° La comparaison entre l'*état initial* d'un animal, au début d'une période quelconque de son existence, et son *état final*, à la fin de cette même période.

2° L'étude des *travaux extérieurs* qui peuvent être accomplis par l'animal.

3° L'étude des changements chimiques qui s'opèrent réellement dans les tissus de l'animal : tels sont, par exemple, les phénomènes d'*oxydation*, envisagés relativement aux principes définis contenus dans l'animal. Je traiterai également, à ce propos, les productions d'eau et d'acide carbonique qui ont lieu par *dédoublement*, sans qu'il y ait fixation simultanée d'oxygène; enfin j'examinerai les oxydations incomplètes qui s'accompagnent par la formation d'une certaine quantité d'eau et d'acide carbonique.

4° L'étude des réactions d'*hydratation*, effectuées dans l'animal, lesquelles peuvent donner lieu, en vertu de la disparition d'une certaine quantité d'eau, à des effets calorifiques notables, quoique négligés jusqu'ici.

Examinons ces quatre ordres de données fondamentales.

### I. — État initial et état final.

Étant donnée une suite de transformations chimiques, opérées sur divers corps simples ou composés, lesquels n'éprouvent ou ne transmettent aucune action extérieure, la chaleur dégagée dépend uniquement de l'état initial et de l'état final. C'est là le théorème fondamental de la thermochimie. Pour en faire l'application à la chaleur animale, il semble donc qu'il faudrait savoir précisément quelles sont la nature et la proportion des principes immédiats qui constituent le corps des animaux au commencement et à la fin d'une période quelconque de leur existence. Mais cette connaissance est presque impossible à acquérir, surtout sur un animal vivant. On y supplée en admettant que l'état final est identique avec l'état initial; en d'autres termes, on mesure la chaleur produite par un animal durant une certaine période de son existence, et l'on admet qu'à la fin de cette période il se retrouve précisément dans les mêmes conditions et avec la même composition chimique qu'au commencement.

Lavoisier, le premier, remarque expressément que l'animal doit posséder à la fin de l'expérience la même température qu'au début, et se trouver placé dans des circonstances qui n'altèrent sensiblement ni son sang, ni ses humeurs. La même condition se retroûve dans ce que M. Boussingault appelle la *ration d'entretien*, ration telle, que les aliments et l'oxygène introduits dans le corps s'éliminent complétement sous forme d'acide carbonique et de produits excrémentitiels.

Si l'on admet cette condition comme réalisée, la chaleur développée par les réactions chimiques pourra être calculée en comparant la nature et le poids des aliments et de l'oxygène ingérés, avec la nature et la proportion des produits éliminés; on compare ensuite cette quantité de chaleur avec celle que l'animal a réellement produite.

Mais, il faut le dire, dans les expériences relatives à la chaleur animale, cette identité de l'état initial avec l'état final de l'animal a été supposée, faute de pouvoir la démontrer. Dans une expérience qui dure quelques heures, exécutée sur un animal enfermé, privé d'exercice, et jusqu'à un certain point de lumière, mis en rapport avec un air plus ou moins vicié, en un mot placé dans des conditions physiologiques anormales, il est peu vraisemblable que l'état chimique de l'animal n'éprouve aucun changement. Il faudrait évidemment prendre des périodes plus longues, telles que vingt-quatre heures au moins, des conditions physiologiques meilleures, et vérifier, par des essais au moins grossiers, la réalité de la supposition.

Pour qu'il fût permis de négliger les changements chimiques survenus au sein d'un animal, dans la détermination de la chaleur produite par les réactions chimiques, il faudrait en réalité opérer sur un animal adulte pendant une période assez longue pour que les quantités totales de chaleur dégagées fussent très-grandes relativement aux différences dues aux variations inconnues de la composition chimique de l'animal. Il est très-douteux que cette condition puisse être remplie dans une expérience de quelques heures; il faudrait une période de plusieurs semaines, peut-être de plusieurs mois, sur un animal bien portant, pour autoriser cette hypothèse.

### II. — Travaux extérieurs.

Depuis quelques années une condition nouvelle a été introduite dans l'étude de la chaleur animale : c'est la nécessité de tenir compte des travaux extérieurs que peut accomplir un animal. Le travail moléculaire développé par les affinités chimiques ne se dépense pas seulement sous forme de chaleur, mais

Digitized by Google

une partie se retrouve nécessairement dans les travaux extérieurs accomplis par l'animal. Alors même qu'il paraît immobile, l'appel continuel de l'air extérieur dans ses poumons et l'expulsion continuelle du même air après qu'il a servi à la respiration, représentent un travail notable effectué par ses muscles. D'ailleurs un animal maintenu immobile est dans des conditions physiologiques anormales. En général, les réactions chimiques opérées dans ses tissus tendent alors à se ralentir et probablement aussi à changer de nature. Au contraire, les réactions deviennent plus actives chez un animal en mouvement. Nous savons aujourd'hui que la contraction musculaire est accompagnée de la disparition de l'oxygène dissous dans le sang et de l'apparition d'une plus grande quantité d'acide carbonique. Déjà Lavoisier avait observé qu'un homme qui travaille absorbe plus d'oxygène et produit plus d'acide carbonique.

Dès que les travaux extérieurs accomplis par un animal deviennent un peu considérables, les réactions chimiques, sous l'influence de certaines conditions physiologiques déterminées par le système nerveux, deviennent de leur côté assez actives pour suffire, non-seulement à l'entretien de la température normale et au travail extérieur, mais encore pour produire un excès de chaleur qui vient élever la température de l'animal.

Je n'insisterai pas davantage sur cette question du travail extérieur : il me suffit d'avoir montré qu'elle doit entrer en ligne, toutes les fois que l'on veut comparer la chaleur produite par un animal avec celle qui résulterait des réactions chimiques accomplies dans ses tissus.

J'arrive à l'étude de ces réactions.

### III. — Oxydations et dédoublements.

En général, on a envisagé les réactions produites dans le corps des animaux, et capables de développer de la chaleur, comme des oxydations. En comparant l'oxygène absorbé avec l'acide carbonique éliminé, on en déduit, à l'exemple de Lavoisier, le poids du carbone brûlé (équivalent à l'acide carbonique) et celui de l'hydrogène brûlé (équivalent à l'excès d'oxygène); on calcule alors la chaleur produite, en supposant que la production de l'acide carbonique et celle de l'eau ont dégagé la même quantité de chaleur que si elles avaient eu lieu au moyen du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène libres. On a trouvé ainsi (*De la chaleur produite par les êtres vivants*, par Gavarret, p. 221, 1855) une quantité de chaleur égale aux neuf dixièmes environ de la chaleur réellement cédée par l'animal au calorimètre : résultat suffisant pour montrer que la chaleur animale dépend des réactions chimiques effectuées dans les tissus, mais qui ne peut pas être regardé comme la démonstration d'une équivalence rigoureuse. — D'ailleurs l'écart deviendrait plus grand si l'on tenait compte des travaux extérieurs.

Je me propose d'examiner de plus près les bases de ce calcul. Il part d'une hypothèse inexacte. En effet, les animaux ne brûlent pas du carbone libre et de l'hydrogène libre; mais ils introduisent dans leur corps des éléments, c'est-à-dire des principes organiques très-multiples et dans lesquels l'état de combinaison des éléments est déjà très-avancé. Ils rejettent non-seulement de l'acide carbonique, mais aussi de l'eau, de l'urée et des produits excrémentitiels encore plus complexes.

Dès lors il faudrait tenir compte, pour calculer la chaleur animale, de l'état réel des corps introduits et des corps rejetés; car c'est la relation chimique entre ces deux ordres de principes qui détermine la quantité de chaleur produite (en supposant d'ailleurs l'état final de l'animal identique avec son état initial).

Or, 1° l'oxygène n'agit pas sur le carbone libre, et d'autre part, le carbone, suivant les combinaisons dans lesquelles il est engagé, donne des quantités de chaleur variables;

2° L'hydrogène brûlé dans l'organisme par l'oxygène dégage des quantités de chaleur qui varient suivant les combinaisons que l'on considère;

3° L'acide carbonique produit aux dépens du carbone et de l'oxygène des principes organiques, indépendamment de toute oxydation proprement dite, peut répondre à un dégagement de chaleur. Il en est de même de l'eau produite aux dépens de l'hydrogène et de l'oxygène de ces mêmes principes, sans oxygène extérieur. Cette dernière source de chaleur a été jusqu'ici formellement méconnue (1).

Précisons ces idées par quelques exemples. Nous allons chercher combien de chaleur dégage :

1° Une même quantité d'oxygène libre, en s'unissant à divers composés organiques définis;

2° Une même quantité d'acide carbonique développée;

3° Une même quantité d'eau produite;

4° La production d'un volume d'acide carbonique égal au volume de l'oxygène absorbé.

#### 1° *Fixation d'oxygène libre.*

*Oxydation complète.* — On doit distinguer les *oxydations complètes*, qui produisent uniquement de l'eau et de l'acide carbonique, et les *oxydations incomplètes*.

Deux équivalents d'oxygène combinés avec :

| | |
|---|---|
| Le carbone $C^2$, pour former $C^2O^2$, dégagent. ..... | 25 000 cal. |
| Le carbone $\frac{1}{2}C^2$, pour former l'acide carbonique, dégagent | 47 000 |
| L'hydrogène $H^2$, pour former l'eau..... | — 69 000 |
| L'acide formique (eau et acide carbonique)..... | — 96 000 |
| L'acide oxalique ( id. id. )..... | — 54 000 |
| L'alcool $\frac{1}{6}C^4H^6O^2$ ( id. id. )..... | — 53 000 |
| L'acide stéarique et les acides gras analogues... | — 53 000 |

(1) De la chaleur produite par les êtres vivants, par Gavarret, p. 280, 1855.

Digitized by Google

On voit que l'oxydation complète d'un composé organique par une même quantité d'oxygène peut former tantôt la moitié de la chaleur de combustion du carbone, tantôt un chiffre presque double de cette quantité; le minimum répond à l'oxyde de carbone, le maximum à l'acide formique. En général cette oxydation fournit un nombre voisin de 50 à 55 000 calories, c'est-à-dire notablement plus élevé que 47 000 (à cause de la combustion de l'hydrogène). Ce nombre est d'ailleurs le même pour des corps très-oxygénés, tels que l'acide oxalique, et pour des corps très-riches en carbone et en hydrogène, tels que les corps gras.

Examinons maintenant les oxydations incomplètes, c'est-à-dire qui n'aboutissent pas à l'eau et à l'acide carbonique.

*Oxydations incomplètes.* — 2 équivalents d'oxygène $O^2$ fixés sur :

le gaz des marais $C^2H^4$, pour former l'alcool méthylique ($C^2H^4O^2$), dégagent 40 000 calories.

Dans cette circonstance, il n'y a pas formation d'eau ou d'acide carbonique.

le gaz des marais $\frac{C^2H^4}{3}$, en fixant $O^2$, pour former l'acide formique (avec production d'eau), dégagent 38 000 calories.
l'alcool $C^4H^6O^2$, en fixant $O^2$, de façon à se transformer en aldéhyde (avec production d'eau), dégagent environ 55 000 calories.
l'aldéhyde, en fixant $O^2$, de façon à se changer en acide acétique (sans production d'eau), dégagent 55 000 calories.
l'alcool $\frac{C^4H^6O^2}{5}$, en fixant $O^2$, de façon à se changer en acide oxalique (avec production d'eau), dégage 53 000 calories.

Citons encore, comme l'exemple jusqu'ici unique d'une absorption de chaleur corrélative à une fixation d'oxygène, la combinaison de $O^2$ avec $C^2 + H^2O^2$, pour produire de l'acide formique, laquelle semblerait devoir répondre à une absorption de 2000 calories.

Voici une relation très-importante. Lorsqu'on oxyde des corps homologues de plus en plus condensés, la chaleur dégagée au début de l'oxydation, pour les mêmes quantités d'oxygène fixé, est d'autant plus considérable que l'équivalent est plus élevé. En effet :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alcool méthylique. | $C^2H^4O^2 + O^4$ | dégage... | $2 \times 37\,000$ |
| — ordinaire... | $C^4H^6O^2 + O^4$ | — ... | $2 \times 53\,000$ |
| — amylique... | $C^{10}H^{12}O^2 + O^4$ | — ... | $2 \times 65\,000$ |
| ..... | ..... | ..... | ..... |
| — éthalique... | $C^{32}H^{34}O^2 + O^4$ | — ... | $2 \times 90\,000$ |

Ainsi une même quantité d'oxygène, en se fixant sur des corps tels que des alcools pour les transformer en acides correspondants, dégage des quantités de chaleur qui varient dans des limites fort étendues : savoir 37 000 et 90 000.

Le dernier chiffre qui répond à l'oxydation d'un corps gras véritable est presque double de celui qui répond au carbone libre. C'est là un résultat fort intéressant, en raison de la présence des corps gras dans l'économie.

Ce résultat ne s'applique d'ailleurs qu'à la fixation des premiers équivalents d'oxygène, lesquels ne changent pas le nombre d'équivalents de carbone contenus dans une molécule du composé résultant.

L'exemple de l'alcool ordinaire semble indiquer que la même relation subsiste, tant que le nombre d'équivalents de carbone ne diminue pas dans le composé produit par oxydation. Ainsi :

| | |
|---|---|
| La formation de l'aldéhyde..... | $C^4H^4O^2$ |
| Celle de l'acide acétique..... | $C^4H^4O^4$ |
| Celle de l'acide oxalique..... | $C^4H^2O^8$ |
| Au moyen de l'alcool..... | $C^4H^6O^2$ |

dégagent à peu près la même quantité de chaleur pour un même poids d'oxygène consommé.

De même, la formation de :

| | |
|---|---|
| L'alcool méthylique..... | $C^2H^4O^2$ |
| Et de l'acide formique..... | $C^2H^2O^4$ |

par l'oxydation du gaz des marais $C^2H^4$.

Il en serait autrement s'il y avait combustion complète du carbone, c'est-à-dire transformation totale du composé en eau et en acide carbonique : dans cette circonstance les divers corps d'une même série, dans lesquels la condensation du carbone varie, dégagent à peu près les mêmes quantités de chaleur pour une même quantité d'oxygène fixe.

Ainsi :

| | | | |
|---|---|---|---|
| L'acide acétique (1)... | $\frac{C^4H^4O^4}{4}$ | dégage.... | 55 000 |
| L'acide butyrique. | $C^8H^8O^4$ | — .... | 50 000 |
| L'acide valérique... | $C^{10}H^{10}O^4$ | — .... | 50 500 |
| L'acide margarique. | $C^{32}H^{32}O^4$ | — .... | 52 000 |
| L'acide stéarique... | $C^{36}H^{36}O^4$ | — .... | 53 000 |

Tous ces nombres s'écartent peu de 52 000 qui répond à..... ... $\frac{C^2H^2 + O^6}{3}$

$C^2H^2$, différence homologue, représentant 155 000 environ.

On voit que pour une même quantité d'oxygène fixée dans une combustion complète, les acides gras ne produisent pas plus de chaleur que les autres acides, contrairement à ce qui arrive lors de leur oxydation commençante.

Nous examinerons plus loin, en parlant de l'acide carbonique, la chaleur dégagée lors des oxydations qui transforment une partie du carbone d'un principe organique en acide carbonique, sans cependant le brûler complétement.

Tout ceci s'applique aux oxydations effectuées par l'oxygène libre. Mais il est intéressant de parler également des oxydations effectuées par l'oxygène déjà combiné ou condensé, cas qui se présente précisément dans les êtres vivants.

Indiquons d'abord un théorème de thermochimie, lequel s'applique aux oxydations effectuées par intermédiaire, c'est-à-dire au cas où un corps déjà oxydé cède son oxygène à un autre composé, circonstance qui paraît se présenter réellement dans les êtres vivants.

(1) L'acide formique fixant $O^2$ fait exception et dégage 96 000 calories.

Digitized by Google

Si un corps A, tel que l'oxygène, dégage de la chaleur en s'unissant avec un autre corps B, et si le composé AB cède le corps A à un troisième corps C, pour former le nouveau composé AC, la chaleur dégagée dans la dernière réaction sera moindre que celle qui résulterait de l'union directe du corps A avec C, et la différence est égale à la chaleur dégagée dans la combinaison AB.

Ainsi, par exemple, le bioxyde d'azote, en s'unissant à trois équivalents d'oxygène, en présence d'une grande quantité d'eau, pour former l'acide azotique,

$$AzO^2 + O^3 + HO = AzO^5HO$$

dégage 20 600 calories. Si maintenant, d'autre part, on oxyde un corps quelconque par de l'oxygène libre, puis par l'acide azotique, de façon à reproduire le bioxyde d'azote : la quantité de chaleur dégagée dans le premier cas sera supérieure de 20 600 calories à celle qui est dégagée dans le second, soit, pour O = 8 grammes, 6900 calories.

Au contraire, les oxydations par l'acide azoteux,

$$AzO^3HO,$$

avec régénération de bioxyde d'azote, dégagent 6600 calories de plus que les mêmes oxydations effectuées par l'oxygène libre,

$$O = 8 \text{ grammes},$$

parce que la formation de l'acide azoteux avec le bioxyde d'azote, absorbe précisément cette quantité de chaleur.

Ce contraste répond à l'inégale facilité d'oxydation qui se manifeste dans les réactions de l'acide azotique et l'acide azoteux; sans doute ce dernier s'oxyde plus facilement, parce qu'il est moins stable, étant formé avec absorption de chaleur.

Les oxydations par l'oxygène condensé à l'avance sur la mousse de platine produisent moins de chaleur que si elles sont produites par de l'oxygène libre; mais la quantité de chaleur sera la même si l'oxygène se condense au moment même de la réaction, avec formation d'un composé liquide.

L'oxydation par l'acide hypochloreux dissous dégage, pour O = 8 grammes, 6000 calories de plus que l'oxydation par l'oxygène libre (1).

L'oxydation par l'acide chlorique dissous dégage, pour O = 8 grammes, 11 500 calories de plus que par l'oxygène libre (2). Au contraire, l'oxydation par l'acide sulfurique concentré, avec production d'acide sulfureux gazeux, dégage, pour O = 8 grammes, 2400 calories de moins que si l'oxygène était libre.

L'oxydation par le nitrate d'argent dissous dans l'eau, avec production d'acide nitrique étendu et d'argent métallique, dégage environ 8000 calories de moins que si l'oxygène était libre.

On peut appliquer ces résultats à la chaleur animale, puisque les oxydations effectuées dans les tissus ont lieu à l'aide de l'oxygène fixé à l'avance sur les globules du sang. Elles produisent en moins toute la chaleur dégagée dans les poumons au moment où l'oxygène a été fixé sur les globules, quantité probablement voisine de celle qui répondrait à la liquéfaction de l'oxygène : soit pour $O^4$ = 4 volumes = 32 grammes, 8 à 10 000 calories, c'est-à-dire un neuvième de la chaleur de combustion du carbone au moyen de la même quantité d'oxygène.

Dans les poumons mêmes, ce dégagement local est compensé à peu près exactement par l'exhalaison locale d'un égal volume d'acide carbonique; mais rien ne prouve qu'une compensation semblable ait lieu dans les tissus, là où les produits d'oxydation locale peuvent être et sont en général naturellement liquides et distincts de l'acide carbonique.

De même, les réductions, si fréquentes en chimie organique, au moyen de l'acide iodhydrique dissous, dégagent moins de chaleur que si elles étaient effectuées par l'hydrogène libre. La différence est de 14 000 calories par équivalent d'hydrogène, en opérant avec l'acide iodhydrique dissous (1).

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

— La fin au prochain numéro. —

(1) Soit $ClO,HO = HCl + O^2$.

| | | |
|---|---|---|
| ClO | en Cl + O | + 7 500 |
| HO | en H + O | — 34 500 |
| Cl + H | en HCl dissous | + 39 000 |
| | Donc pour $O^2$ | + 12 000 |

(2) Soit $ClO^5,HO = HCl + O^6$.

| | | |
|---|---|---|
| $ClO^5$ | en Cl + $O^5$ | + 65 000 |
| HO | en H + O | — 34 500 |
| H + Cl | en HCl dissous | + 39 000 |
| | Donc pour $O^6$ | + 69 500 |

(1) Avec l'acide iodhydrique gazeux, il en serait autrement; car la formation de ce corps à 200 degrés, c'est-à-dire avec les éléments gazeux, répond à un phénomène calorifique sensiblement nul. A 0 degré, elle répond à une *absorption* de 4400 calories.

Voici le sommaire du numéro de septembre du *Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux*, dirigé par M. le professeur Ch. Robin.

Jacquart. De la valeur de l'os épactal ou partie supérieure de l'écaille occipitale restée distincte, comme caractère de race en anthropologie. — V. Cornil, Contributions à l'histoire du développement des tumeurs épithéliales. — Cl. Bernard. De la diversité des animaux soumis à l'expérimentation, de la variabilité des conditions organiques dans lesquelles ils s'offrent à l'expérimentation. — Ch. Robin. Mémoire sur la démonstration expérimentale de la production d'électricité par un appareil propre aux poissons du genre Raie. — Gimbert. Mémoire sur la structure et sur la texture des artères. — Onimus. De l'emploi de la fuchsine dans l'étude des éléments anatomiques. — Analyses et extraits de travaux français et étrangers.

Chaque numéro : 3 fr. 50 c.
Abonnement : un an pour la France. . . . . 20 fr.
— un an pour l'étranger. . . . . 24 fr.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 46. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 14 OCTOBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physiologie comparée.** — Cours de **M. Vulpian** : De l'instinct et de l'intelligence. — L'intelligence des animaux est elle la même que celle de l'homme? (Fin du cours.)

COLLÉGE DE FRANCE. — **Chimie organique.** — Cours de **M. Berthelot** : Sur la production de la chaleur animale (fin du cours).

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique végétale.** — Cours de **M. Georges Ville** : Produits transitoires de l'activité végétale ; les albuminoïdes.

Paris, 13 octobre 1865.

Les deux dernières séances de l'Académie des sciences nous fournissent encore un certain nombre de notes sur le choléra; les remèdes déclarés infaillibles arrivent de toutes parts, et l'Académie de médecine n'est pas moins favorisée que l'Institut sous ce rapport. Mais nous trouvons aussi des travaux plus sérieux, notamment les communications de M. Guérin à l'Académie de médecine sur les prodromes du choléra, des recherches sur la statistique et les caractères de l'épidémie cholérique qui vient de sévir dans les principales villes de la Provence, par un médecin de la marine, etc. Lundi dernier, la séance de l'Académie des sciences a été close par la lecture d'un intéressant mémoire sur le choléra, par un médecin de Paris. L'auteur préconise l'emploi des purgatifs avec administration de toniques énergiques, et il insiste particulièrement sur cette idée, qu'on ne saurait trop répandre, à savoir que le choléra n'est pas contagieux, en la confirmant par des faits qui semblent aussi concluants que possible.

M. Pelouze présente, au nom d'un savant étranger, une note relative à l'emploi de l'alun pour la clarification des eaux bourbeuses. Le procédé est connu et employé depuis longtemps ; mais l'auteur a cherché à expliquer les réactions chimiques qui se produisaient dans ces circonstances. L'eau ainsi clarifiée reste chargée d'une certaine quantité de sulfate de potasse, qui ne présente aucun inconvénient, et qu'on peut du reste éviter facilement en employant du sulfate d'alumine au lieu d'alun.

M. Milne Edwards présente, au nom de M. le docteur Vaillant, une note relative à l'anatomie d'un mollusque acéphale, dont la coquille est connue sous le nom de bénitier.

M. Paul Bert envoie, comme complément de son premier travail sur la greffe animale déjà présenté à l'Académie, un mémoire sur les altérations et modifications anatomiques qui se produisent dans les soudures de tissus qui suivent cette opération. Ces phénomènes présenteraient des caractères différents, suivant l'âge de l'animal, et les circonstances de vigueur ou de maladie dans lesquelles il se trouve placé. Ainsi la greffe prend plus facilement sur un animal encore jeune que sur un animal adulte, et, quand on se place dans des conditions favorables, l'organe greffé avant le terme de sa croissance peut même continuer à se développer comme s'il avait conservé sa situation normale et atteindre ainsi ses dimensions ordinaires. D'autres fois, au contraire, il se produit des altérations pathologiques dans certains tissus, notamment dans le tissu osseux, et une dégénérescence graisseuse peut quelquefois remplacer certains éléments histologiques. M. Paul Bert pense que les tissus vivants, dans ce travail de soudure qui s'accomplit à la suite de la greffe, reprennent les caractères qu'ils présentaient pendant la période embryonnaire. E. A.



Digitized by Google

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### PHYSIOLOGIE COMPARÉE.

COURS DE M. VULPIAN (1).

XXXVII (Fin du cours).

**De l'instinct et de l'intelligence. — L'intelligence des animaux est-elle la même que celle de l'homme?**

Nous avons étudié successivement les diverses parties du myélencéphale et lorsque nous en sommes venus au cerveau proprement dit chez les Vertébrés, nous avons vu que la substance grise qui le constitue en partie est douée d'une activité très-différente de celle que possède la substance grise des autres départements des centres nerveux, activité qui se retrouve, avec des caractères très-analogues, dans les ganglions cérébroïdes des Annelés et des Mollusques.

Cette activité en puissance, cette virtualité cesse à certains moments d'être *in potentia* pour devenir *in actu*. C'est cette virtualité que nous désignons suivant les cas sous le nom d'instinct ou d'intelligence, et ses manifestations actives sont ce que nous appelons les actes ou phénomènes instinctifs ou les actes intellectuels.

Les facultés instinctives et intellectuelles, les facultés affectives, c'est-à-dire les penchants, les sentiments, les passions, et enfin ces tendances individuelles qui constituent le caractère, tels sont les attributs physiologiques spéciaux du cerveau proprement dit. Je n'ai l'intention de parler que de l'instinct et de l'intelligence, et dans l'étude sommaire que nous allons faire de ces deux fonctions, nous prendrons pour guide M. Flourens, qui a surtout contribué à dissiper les obscurités de ce difficile sujet.

De tout temps ces questions ont préoccupé les philosophes; mais pendant longtemps elles n'étaient qu'une simple thèse de métaphysique. Vous connaissez tous le système de Descartes et je n'ai pas besoin de vous entretenir ici de la célèbre théorie de l'automatisme des animaux qu'il considérait comme des *bêtes-machines*. Cette théorie, on le sait, fut d'abord adoptée par les disciples de Descartes, et naturellement elle fut bientôt exagérée. Ainsi, pour expliquer l'antipathie du Mouton à l'égard du Loup, antipathie bien facile à comprendre, Gassendi admet qu'il y a des corpuscules qui émanent du Loup et qui frappant les yeux du Mouton les blessent et les divisent cruellement. Buffon lui-même avait adopté ces doctrines et leur avait donné l'appui de son nom. Vous trouverez dans ses œuvres ces idées développées avec l'ampleur majestueuse qui était le caractère de son génie.

Locke, Leibnitz, Condillac, ont également traité ces questions avec de grands développements; mais c'est surtout avec Réaumur et G. Leroy que l'étude de l'instinct et de l'intelligence sort du domaine purement psychologique, et cherche des lumières dans l'observation directe des faits. Dès que cette voie est ouverte, elle est suivie par de Geer, par Bonnet, et enfin apparaissent les travaux de F. Cuvier et de M. Flourens, qui donnent des bases désormais solides à cette partie de la physiologie. Il faut bien le dire, en effet, l'étude de l'intelligence et de l'instinct fait partie de la physiologie expérimentale, et c'est seulement en s'appuyant sur les faits expérimentaux qu'elle peut réaliser quelques progrès sérieux.

Il m'est impossible, vous le comprenez, de faire une étude physiologique complète de l'instinct et de l'intelligence; il me faudrait pour cela y consacrer un cours tout entier, et je ne puis qu'esquisser les traits principaux du sujet. Je dois donc me borner à vous dire quelques mots de trois des questions principales qui se rattachent à cette étude.

1° Il faut signaler les caractères qui distinguent l'instinct de l'intelligence.

2° Il faut ensuite chercher si les animaux n'ont que de l'instinct, ou s'ils ne sont pas aussi doués d'intelligence?

3° Enfin, on doit exposer les différences qui peuvent exister entre l'intelligence de l'Homme et celle des animaux.

A. *Distinction entre l'instinct et l'intelligence.* — L'instinct existe chez l'Homme et chez les animaux, mais sa définition est assez difficile à formuler. « C'est, dit Dugès, une disposition organique, tenant à la conformation interne ou externe de l'espèce et produisant des actes réguliers mais non raisonnés, et souvent irrésistibles, involontaires même, quoique exécutés par les muscles ordinairement soumis à l'empire de la volonté. » Je crois que cette formule pourrait se réduire à ceci : l'instinct est une tendance innée à accomplir certains actes non raisonnés, souvent compliqués et souvent irrésistibles. On range généralement les instincts en trois classes, suivant qu'ils se rapportent *à la conservation de l'individu, à la conservation de l'espèce, aux rapports de l'animal avec les autres animaux*. Disons un mot de chacune de ces classes. Parmi les instincts relatifs à la conservation de l'individu, il faut ranger celui qui préside au choix des aliments, qui naît avec l'animal, et subit, lorsqu'il le faut, des variations en rapport avec les métamorphoses. Le Têtard est frugivore, mais lorsque l'animal est arrivé à son développement, lorsqu'il est devenu Grenouille, il est carnivore. Le contraire se montre chez certains insectes qui, à l'état de larves, vivent de matières animales que leurs parents ont préparées pour eux, comme je vous l'ai montré pour le Sphex, et qui, à l'âge adulte, deviennent frugivores. L'animal ne se borne pas à prendre la nourriture qu'il rencontre, il cherche à se la procurer par tous les moyens, et lorsqu'il doit se nourrir d'un autre animal

(1) Voy. les nos 32, 35, 37, 39, 40, 44, 46, 48 et 52 de la 1re année, et les nos 7, 8, 13, 16, 18, 25, 27, 29, 33, 36, 37, 40, 41, 44 et 45 de la 2e.

Digitized by Google

plus agile ou plus fort, il fabrique des piéges. L'Araignée tend les filets qui doivent arrêter au passage des Mouches ou d'autres insectes, et dès qu'un prisonnier est en son pouvoir, elle le garotte solidement pour lui couper la retraite. Je ne vous citerai encore qu'un exemple parce qu'il faut me borner : c'est celui du Fourmilier, qui place auprès des fourmilières sa langue recouverte d'un enduit gluant et qui reste immobile jusqu'à ce que les Fourmis aient envahi en nombre suffisant ce piége animé qui soudain rentre dans la bouche.

L'animal cherche aussi à se procurer sa nourriture en attaquant de vive force ou bien en suivant, comme un chasseur consommé, la piste d'un autre animal qui doit être sa proie, jusqu'à ce qu'il l'ait rejoint dans les conditions qui lui seront le plus favorables. Mais les animaux ne se bornent pas à la chasse ou à la pêche ; ils semblent prévoir la saison pendant laquelle ils ne trouveront plus leur nourriture, et alors ils font des provisions, comme l'Écureuil, le Hamster et tant d'autres. Ils construisent des magasins pour renfermer ces aliments, qu'ils cachent avec un soin jaloux, et c'est auprès de ces magasins qu'ils établissent leurs demeures en déployant dans cette édification une prévoyance des plus merveilleuses. S'ils doivent hiverner, ils se retirent dans un endroit isolé, abrité des vents, et creusent pour s'isoler le plus possible du froid extérieur; d'autres ménagent plusieurs issues afin de s'assurer une retraite dans le cas où le danger les menacerait, et si leur demeure menace ruine, ils l'abandonnent, comme ces rats qui quittent les navires condamnés avant que le premier coup de hache soit donné. Enfin, si une demeure ne suffit pas à les protéger contre l'intempérie des saisons, ils émigrent et vont chercher un climat plus doux ou une nourriture assurée, comme les Hirondelles, les Corbeaux, les Pigeons, etc. Pour me résumer, vous voyez que l'animal, afin d'assurer la conservation de l'individu, varie sa nourriture, construit des piéges, amasse des provisions, élève ou creuse des demeures et entreprend des voyages. Telles sont les manifestations de l'instinct appliqué à un but bien déterminé, et l'animal exécute ces actes avec une sorte de fatalité et d'une façon irrésistible.

Ce n'est pas seulement l'individu qu'il faut protéger, mais aussi l'espèce; et dans ce but apparaissent des instincts spéciaux, tels que celui de la propagation, qui rapproche les sexes; chez les oiseaux, une tendance instinctive les pousse à construire des nids qui sont parfois de véritables chefs-d'œuvre d'architecture, construits avec une merveilleuse précision, pour mettre les œufs à l'abri de tous les dangers; lorsque ces œufs sont pondus, la mère les couve avec persévérance : à ce moment tous les autres instincts paraissent éteints chez elle, il ne se manifeste plus que celui de l'incubation. Ces précautions ne sont pas le privilége exclusif des oiseaux; les animaux ne déposent pas leurs œufs ou leurs petits au hasard; ils choisissent avec une sagesse apparente le lieu qui sera le plus propre à leur développement et aussitôt après leur naissance ils s'occupent de leur éducation. Les Carnassiers se font suivre de leurs enfants, lorsqu'ils croient pouvoir le faire sans danger, et ces jours-là ils ne font que de courtes étapes pour les habituer progressivement à la fatigue. Dureau de la Malle a observé des oiseaux de proie, qui avaient élu domicile dans la cour du Louvre, et qui apportaient au nid des proies vivantes, pour habituer leurs petits à les poursuivre et à s'en repaître. Certains insectes, après avoir pondu leurs œufs, déposent à côté de véritables magasins de matière animale ou de matière végétale, qui serviront de nourriture à la larve dès sa naissance. Je vous ai déjà entretenus de l'admirable instinct du Sphex, qui ne tue pas les animaux qui doivent être dévorés par ses larves, et qui se contente de leur piquer les ganglions sous-œsophagien et thoraciques, opération analogue à la section du nœud vital. Les exemples que je pourrais vous fournir de cette sorte d'instinct sont très-nombreux; je mentionne rapidement l'instinct des Papillons, qui vont pondre leurs œufs sur les plantes où la larve trouvera dès sa naissance la nourriture qui lui convient; d'autres déposent leurs œufs dans le corps des Chenilles vivantes; le Nécrophore enterre à côté de ses œufs le cadavre d'une Taupe ou d'un Rat. Mais je veux m'arrêter quelques instants à la curieuse étude des Xycolopes que nous a laissée Réaumur. Cet insecte pond ses œufs dans des morceaux de bois. Il pratique sur la partie libre d'un morceau de bois, d'un échalas par exemple, un trou vertical qui devient l'entrée d'un canal que le Xycolope creuse jusqu'à une grande profondeur. Lorsque ce canal a la profondeur voulue, l'insecte dépose dans sa partie inférieure un premier œuf et établit au-dessus de cet œuf une cloison transversale, avec de la salive et de la sciure de bois; puis au-dessus de cette cloison il pond un second œuf, fabrique une nouvelle cloison, et ainsi de suite jusqu'à l'entrée de cette espèce de souterrain. Mais les larves, au moment de leur naissance, ne sauraient, étant ainsi enfermées, sortir de leurs chambres : aussi le Xycolope a-t-il eu soin de percer au niveau de chaque loge un pertuis perpendiculaire à la direction verticale des loges, et allant de l'intérieur de la loge jusqu'à la surface extérieure du morceau de bois. De cette façon, la larve, une fois ses métamorphoses achevées, peut sortir sans peine de sa loge.

Je viens de vous montrer les instincts qui assurent l'existence de l'individu et la conservation de l'espèce; mais ce n'est pas seulement l'animal isolé qu'il nous est donné d'examiner. Des instincts président aux rapports de l'individu avec ses semblables, et c'est à l'étude des instincts sociaux que j'arrive.

Parmi les Mammifères, vous connaissez ces instincts à un degré très-élevé chez les Castors. Je ne veux pas vous retracer cette intéressante narration de leurs travaux en commun; lorsqu'il leur faut construire un de leurs villages, ils se distribuent l'ouvrage : les uns sont charpentiers,

Digitized by Google

les autres maçons; des pionniers construisent des barrages, tandis que d'autres font le guet et assurent le repos des travailleurs. Chez les Oiseaux, ces instincts sont assez rares : on ne cite guère que le Républicain qui présente ces tendances sociales. J'ai hâte d'arriver aux insectes qui, comme chez les Abeilles, les Fourmis et les Termites, nous offrent plus d'un point de ressemblance avec les sociétés humaines.

Les Abeilles sont placées sous le régime de la royauté. La ruche ne contient qu'une seule femelle féconde, c'est la reine; il y a un bon nombre de mâles qui ne participent pas aux travaux. Mais des milliers d'ouvrières, qui sont neutres, se livrent sans relâche aux plus durs labeurs. Ce sont les ouvrières qui construisent les innombrables loges garnissant la ruche, et dont chacune a une destination spéciale : les unes servent de magasins, d'autres servent de chambres pour l'éclosion des œufs. C'est dans ces chambres que la femelle dépose des œufs; et alors les ouvrières remplissent les fonctions de nourrices, et le font avec la plus grande sollicitude. Tout ce petit peuple s'agite sans trouble; à chacun est dévolue une tâche et chacun l'accomplit poussé par l'instinct.

Le spectacle que nous offre la république des Fourmis est plus merveilleux encore. La division de ce petit peuple est assez analogue à celle des Abeilles; seulement au lieu d'une femelle unique nous en trouvons plusieurs, ainsi que des mâles. Mais c'est surtout sur les ouvrières que je veux attirer votre attention. Les neutres travaillent seuls et leur organisation sociale montre des complications bien plus merveilleuses que la monarchie des abeilles. Au sein de cette république, les ouvrières construisent les fourmilières, creusent des galeries qui se superposent et sont étayées avec soin pour éviter les éboulements. Dans ces galeries, comme chez les Abeilles, on retrouve des magasins, des logements et des chambres pour les œufs. Tandis que certaines ouvrières remplissent les greniers, d'autres sont occupées à transporter les œufs en dehors des galeries pour les exposer au soleil. Elles veillent sur ces œufs et les transportent plus loin dès que l'ombre envahit l'endroit qu'ils occupaient. Après la naissance des larves, les Fourmis vont chercher sur certaines fleurs des Pucerons destinés à devenir de véritables vaches laitières, d'où le mot de Linné : *Aphis formicarum vacca.* Ce sont de véritables troupeaux dans l'étable. Plusieurs fois par jour les ouvrières viennent en quelque sorte les traire. En effet, elles excitent avec leurs antennes l'abdomen de ces Pucerons et font ainsi suinter un liquide visqueux et sucré dont les larves sont très-avides; elles s'inquiètent même de la nourriture de leurs troupeaux et transportent les Pucerons sur des racines voisines où ils trouvent en quelque sorte à paître. D'après ce tableau, les Fourmis ne vous semblent-elles pas un peuple pasteur? Mais elles ne se bornent pas à ces travaux pacifiques, et parfois la soif des conquêtes envahit la république qui alors met de véritables armées en campagne. Il y a, du reste, parmi les Fourmis et aussi parmi les Termites, des individus que les naturalistes nomment les *soldats*, et qui paraissent chargés tout spécialement de la défense et de l'attaque dans les guerres que se font les tribus hostiles. Ils sont très-reconnaissables, non pas naturellement qu'ils s'affublent d'oripeaux bizarres comme les guerriers des nations sauvages et autres, mais parce qu'ils ont, en général, des mandibules plus puissantes, une taille plus grande et une forme quelque peu différente. Les Fourmis partent donc parfois à la recherche d'une fourmilière, et l'envahissent, non point dans un but aveugle, mais pour la saccager. Elles s'emparent des provisions et les transportent dans leurs propres demeures; parfois elles établissent leur domicile dans les foyers des vaincus; mais un plus curieux instinct les pousse souvent à transporter les larves dans leur fourmilière; et, lorsque ces larves seront développées, le vainqueur leur impose le joug de l'esclavage. Alors, comme chez les hommes, on voit des esclaves s'adonner à tous les travaux, tandis que leurs maîtres se livrent désormais à l'oisiveté. Quelles singulières manifestations de l'instinct! Ne croirait-on pas avoir sous les yeux le tableau d'une société humaine!

Si nous cherchons à trouver dans l'esquisse que je viens de tracer les caractères fondamentaux de l'instinct, nous constatons que tous les résultats qui lui sont dus semblent se produire sous une influence impérieuse qui domine l'animal et le contraint à agir sans que, du moins pour les circonstances principales de ces actes, on puisse invoquer l'intervention des facultés qui constituent véritablement l'intelligence, comme la mémoire, l'imagination, le raisonnement, etc. On peut comparer, avec F. Cuvier, l'instinct à ces actes que l'habitude a fini par soustraire plus ou moins complétement au contrôle de l'intelligence et de la volonté, et l'on peut, avec G. Cuvier et M. Flourens, mais avec quelques réserves, faire de l'instinct une force primitive et propre comme la sensibilité, l'irritabilité, l'intelligence. Je dois cependant ajouter que nous ne pouvons rien démontrer à cet égard.

On a établi un contraste entre l'instinct et l'intelligence; mais il est facile de voir que les traits de ce contraste sont bien forcés, ou du moins que l'opposition est beaucoup moins tranchée qu'on ne le suppose. Tout, a-t-on dit, dans l'instinct est aveugle, nécessaire et invariable; tandis que tout dans l'intelligence est électif, conditionnel et modifiable. Que d'arguments il y aurait à opposer à ce contraste! On ajoute que tout est inné dans l'instinct : mais les facultés intellectuelles ne sont-elles pas innées aussi? M. Flourens établit bien l'*innéité* des facultés intellectuelles; ce n'est donc point dans ce caractère qu'il faut chercher la différence; ce qu'il faut dire, c'est que non-seulement l'instinct est inné, mais les actes qui en dérivent suivant chaque espèce sont innés eux-mêmes; et c'est ce qui constitue leur uniformité et leur nécessité

Digitized by Google

dans chaque espèce; au lieu que les actes intellectuels qui sont conditionnels, peuvent se produire ou au contraire ne pas se produire.

On dit encore, avec Descartes, que dans l'instinct tout est particulier, c'est-à-dire que la faculté instinctive est adaptée à un acte spécial, tandis que tout dans l'intelligence serait général, c'est-à-dire applicable à l'ensemble des actes que l'animal peut exécuter. Je répète que dans ces contrastes laborieusement disposés il y a toujours quelque chose d'artificiel et par conséquent d'inexact. Il n'est pas exact, par exemple, de dire que l'instinct est invariable; en effet, les nids construits par de vieux oiseaux ne sont pas disposés de la même façon que ceux qu'établissent les jeunes. Suivant beaucoup de circonstances ces nids peuvent varier de texture. Les Moineaux suivant qu'ils ont établi leur nid dans un vieux mur ou sur un arbre changent leur architecture; ils les forment presque à plat et seulement avec des débris de paille ou de plumes dans le premier cas, tandis que dans le second ils les recouvrent, afin de protéger leur progéniture. De plus, toujours ou presque toujours des actes d'intelligence se mêlent aux actes instinctifs et empêchent d'établir une distinction absolue. Lorsque les Fourmis dans leurs travaux souterrains rencontrent un obstacle pour le forage de leurs galeries, elles cherchent à tourner cet obstacle, et, si elles ne peuvent y parvenir, elles modifient leur plan général ou bien vont plus loin recommencer de nouveaux travaux. L'Araignée ne recommence pas une toile endommagée, mais elle la répare sans toucher à la partie qui est restée intacte. Vous voyez donc que l'on trouverait dans presque tous les instincts des indices plus ou moins évidents d'intelligence.

B. *Intelligence.* — Ces considérations me conduisent à vous parler de l'intelligence. Ainsi que nous venons de le dire par avance, les animaux sont doués d'intelligence. Nous en trouvons des indices chez les animaux inférieurs, mais on ne saurait en nier les manifestations chez les Articulés et chez les Vertébrés.

Que de discussions a soulevées cette question de l'intelligence des bêtes! Il y a de volumineux traités écrits sur ce sujet. Il y en a un de Rorarius, nonce du pape Clément VII, qui tend à prouver que les animaux se servent de leur intelligence mieux que l'Homme. Sans doute cet écrivain a confondu l'intelligence avec l'instinct. Lactance et Arnobe accordent aux animaux toutes les facultés excepté la religion; cependant Pline comptait la religion au nombre des facultés de l'Éléphant. Au contraire, nous voyons les partisans et adeptes de Descartes refuser toute espèce d'intelligence aux animaux, et un cartésien, Régius, dit que les partisans de l'âme des bêtes ne pouvaient pas se défendre d'être eux-mêmes des bêtes et des athées. Qui pouvait alors ne pas être convaincu par un semblable argument! Ne vous étonnez pas trop, du reste: on voit encore de nos jours des arguments de ce genre reparaître, plus ou moins déguisés, dans les discussions scientifiques.

Aujourd'hui tous les naturalistes admettent que bon nombre d'animaux jouissent de facultés intellectuelles. En quoi consistent donc ces manifestations intellectuelles de l'activité cérébrale chez les animaux? Il y a chez eux perception; ils comprennent souvent notre intention et sont aidés dans cette perception par la mémoire. Ai-je besoin de vous citer des exemples? Chaque jour nous en rend témoins; chaque jour nous voyons des chevaux reconnaître le chemin qu'ils ont suivi la veille; on sait aussi qu'ils se vengent de mauvais traitements subis à une époque souvent assez éloignée. Grâce à leur mémoire, les animaux peuvent comparer : ils peuvent avoir des idées, et les auteurs qui leur refusent cette dernière faculté se perdent uniquement dans une question de mots. Il ne faut pas être un homme de génie, un inventeur illustre, pour avoir des idées. A ce compte-là, combien compterions-nous d'hommes s'élevant au-dessus de la brute? De plus, les animaux sont doués de raisonnements, raisonnements ébauchés, si vous voulez, mais raisonnements non douteux. Voyez le Chien: il comprend, en voyant son maître prendre son chapeau, que le moment de la promenade est arrivé, et il pousse de joyeux aboiements; le Chien de chasse en fait autant en voyant son maître préparer son fusil, et, une fois en plaine, il s'arrêtera de préférence à l'endroit où déjà il a fait lever du gibier. Je ne prétends pas que le Chien construise laborieusement un syllogisme en agissant ainsi; mais il fait au moins des ébauches de raisonnement. Chez les Singes, il y a déjà des raisonnements surprenants, surtout chez les Singes anthropomorphes. F. Cuvier a observé un Orang-Outan, à la Ménagerie, dont la sagacité émerveillait les visiteurs. Si on lui enlevait la chaise qui lui servait à ouvrir la porte de sa cage, il allait immédiatement en chercher une autre. Dans ses jours d'humeur, il secouait son arbre avec rage pour effrayer ceux qui en approchaient, et, volontaire comme un enfant gâté, il se heurtait la tête sur les dalles de sa cage, lorsqu'on lui refusait ce qui avait excité sa convoitise.

Chez certains animaux on observe de l'imagination. Ils font des rêves, comme le Perroquet, qui pendant son sommeil prononce des mots entrecoupés, ou comme le Chien de chasse qui en dormant croit encore poursuivre son gibier et lance de joyeux éclats de voix. Reportez-vous pour ce dernier fait aux beaux vers de Lucrèce.

Enfin, puis-je oublier dans cette rapide esquisse les sentiments et les penchants dont bien des auteurs ont doués les animaux. Je ne cherche même pas des exemples, car tous vous avez été témoins de ces attachements singulièrement touchants que les animaux manifestent non-seulement pour leur maître, mais aussi parfois pour d'autres animaux.

C. *L'intelligence des animaux est-elle la même que celle de*

Digitized by Google

*l'Homme?* — Ainsi les animaux ont de l'intelligence; mais cette intelligence des animaux est-elle la même que celle de l'Homme? Faut-il admettre avec Willis et Buffon, une intelligence corporelle ou matérielle, qui serait celle des animaux, et une intelligence tenant à l'esprit, qui serait celle de l'Homme?

Cette distinction a surgi de la répugnance que l'on éprouvait à rapporter à une même cause les facultés intellectuelles des animaux et celles de l'Homme. On peut s'étonner à bon droit que Buffon et d'autres n'aient trouvé aucune difficulté à faire dépendre de la matière les facultés intellectuelles des animaux, tandis qu'ils rattachaient celles de l'Homme à une toute autre cause. Assurément la difficulté est à peu près la même dans les deux cas : nous ne saisissons pas plus la cause première des phénomènes intellectuels des animaux que de ceux de l'Homme, et nous n'avons guère à en être surpris, car cette incapacité de notre intelligence est la même relativement à la cause première de tous les autres phénomènes du monde vivant ou même du monde inorganique. Connaissons-nous la cause première de l'activité de la moelle épinière, celle de la neurilité, de la contractilité? Que savons-nous de la cause première de l'électricité, de la chaleur et des autres phénomènes physiques? Rien; pas plus pour les phénomènes physiques que pour les phénomènes organiques. Il faut nous résigner à cette ignorance. C'est là un grand service rendu aux sciences par Aug. Comte, d'avoir proclamé l'inutilité de ces recherches.

Mais laissons de côté, comme impossible à connaître, la cause première des phénomènes intellectuels de l'Homme et des animaux en nous attachant seulement à la cause prochaine. Nous y voyons des manifestations de l'activité cérébrale dans un cas comme dans l'autre. Nous nous dégageons ainsi de préoccupations qui sont d'un tout autre domaine et qui ne peuvent qu'égarer les recherches scientifiques en y mêlant des passions pour le moins inutiles. Ces prémisses posées, nous admettons sans aucune restriction que les phénomènes intellectuels des animaux sont du même ordre que ceux de l'Homme.

Il est bien évident, du reste, qu'il n'y a pas identité absolue. L'intelligence des animaux diffère de celle de l'homme par le degré; elle diffère sans doute aussi par des nuances spécifiques plus ou moins tranchées, et ce degré de l'intelligence, ainsi que les nuances, dépendent de différences organiques intimes, pour la plupart insaisissables. Mais il ne faut pas accepter sans contrôle toutes les différences que l'on a indiquées entre l'intelligence de l'Homme et celle des animaux les plus voisins de lui, les Singes. Ainsi on a dit que l'intelligence chez les Singes, qui était très-développée dans la jeunesse, décroissait dans l'âge adulte, et l'on a comparé le jeune Orang qui nous étonne par sa pénétration, sa ruse, son adresse, à l'adulte, qui n'est plus, dit-on, qu'un animal grossier, brutal, intraitable. Disons très-nettement qu'il n'y a rien là qui puisse fournir un trait distinctif. Ne voyons-nous pas le même fait se produire pour l'Homme? L'enfant est vif, gracieux, caressant, tandis que l'Homme mûr a le visage plus calme, moins mobile, moins ouvert. Dira-t-on que chez le dernier l'intelligence a diminué? Assurément non. Eh bien! il en est bien certainement de même chez le Singe. Ainsi que chez l'Homme, l'intelligence se perfectionne avec l'âge, mais le caractère change.

C'est surtout par le degré que les facultés intellectuelles que nous avons reconnues chez l'animal diffèrent de celles qui existent chez l'Homme. Mais y a-t-il des facultés qui existent chez l'Homme et qui n'existent pas chez les animaux? Il en est une de ce genre sur laquelle tous les philosophes, Locke, Leibnitz, Buffon s'accordent : c'est que les animaux n'ont pas le don de faire des abstractions, de se former des idées abstraites.

Mais ici encore il faut distinguer. Il y a des abstractions relatives aux objets matériels ou plutôt aux sensations qu'ils produisent sur nous. Ce sont, par exemple, les abstractions par lesquelles nous nous formons des idées d'arbre, de chien, du rouge, du vert, de tel ou tel son, etc. En un mot, il y a des abstractions sensibles, c'est-à-dire formées à l'aide de propriétés sensibles. Eh bien! il me paraît difficile de refuser ces idées abstraites, du moins en partie, aux animaux supérieurs, car c'est évidemment sur ces idées que s'exercent parfois leur mémoire, leur réflexion, leur raisonnement.

Quant aux idées générales abstraites, il me paraît tout à fait douteux qu'ils les aient, qu'ils aient la moindre idée de l'infini, du temps, de l'espace, des dimensions, des nombres, des rapports, etc. Ce qui me confirme dans cette conviction qu'ils n'ont pas de ces idées abstraites, c'est que je ne suis pas sûr que les Hommes les aient eux-mêmes. Nous sommes ici exposés à une illusion sur laquelle on a trop peu insisté. Une des grandes différences qui existent entre les animaux et l'Homme, c'est que ce dernier possède un langage abstrait. Je dis que c'est une grande différence, car il est bien difficile d'admettre le langage des Corbeaux, indiqué par Dupont de Nemours, et le langage antennal des Fourmis, décrit par Huber. L'Homme fait des abstractions métaphysiques à l'aide de son langage; mais il n'a peut-être pas d'idées abstraites métaphysiques. Il n'y a guère d'idées possibles que dans le cas où il y a possibilité d'une représentation intellectuelle plus ou moins nette. Or, si je ne m'abuse pas, les prétendues idées générales doivent être considérées comme des abstractions, pour ainsi dire algébriques.

Mais je suppose qu'il soit bien prouvé que nous avons des idées générales; on pourrait donc admettre que c'est là une différence entre les facultés intellectuelles de l'Homme et celle des animaux.

Certains naturalistes refusent de plus aux animaux la faculté qu'a l'intelligence de l'Homme de se replier sur elle-même et de s'étudier elle-même. En laissant de côté la forme métaphysique de cette allégation, il est

Digitized by Google

clair que c'est là une différence entre l'Homme et les animaux, car bien certainement ces derniers ne se livrent pas à l'étude de la psychologie. Mais ce caractère n'appartient qu'à l'état le plus civilisé de l'Homme et ce n'est l'apanage que d'un petit nombre seulement d'individus comparativement à la masse de ceux qui ne s'occupent point des *processus* intellectuels dont leur cerveau est le théâtre. C'est là un simple perfectionnement de l'intelligence ; ce n'est pas un caractère fondamental.

Comme caractère distinctif, on a allégué encore la faculté d'invention qui existerait chez l'Homme et qui n'existerait pas chez les animaux. Je ne sais pas à quel point ce caractère est réel, et s'il ne faut pas, dans des proportions moindres, il est vrai, accorder une certaine invention aux animaux. Les animaux ont-ils la liberté? Cette question est des plus difficiles à résoudre. Toutefois on peut, avec F. Cuvier, attribuer une certaine liberté aux animaux les plus intelligents, et d'autre part l'on peut ajouter que l'Homme n'est peut-être pas aussi libre qu'il voudrait bien se le persuader.

Enfin, les animaux ont-ils ou peuvent-ils avoir le sentiment du bien et du mal? Question grave qui exigerait d'abord l'étude de ce sentiment chez l'Homme lui-même; il faudrait examiner ses conditions d'existence chez l'Homme, et vous comprenez que je ne puis traiter cette question incidemment.

En résumé, on trouve chez les animaux, envisagés en général, la plupart des facultés intellectuelles de l'Homme, mais à un degré bien inférieur à celui qu'elles présentent chez l'Homme. Ainsi, tandis que les instincts sont les principaux mobiles d'action chez les animaux, chez l'Homme, c'est l'intelligence qui est le principe ordinaire d'action; et les instincts qui le dirigent encore, il les anoblit souvent par son intelligence, il les revêt pour ainsi dire d'intelligence. Pour ne citer qu'un exemple, qu'est-ce que l'amour platonique, sinon une déviation intellectuelle de l'instinct de la propagation?

L'Homme, grâce à la perfectibilité extrême dont il jouit comme individu et comme espèce, est arrivé à un tel niveau de développement intellectuel, que la distance énorme qui existe originellement entre lui et l'animal le plus intelligent est devenue incommensurable. C'est à ce développement prodigieux qu'il doit son industrie merveilleuse, ses arts, ses sciences; c'est ce qui fait enfin de lui un être non pas hors cadre, mais tout à fait hors ligne dans la série des êtres vivants. — E. Brémond.

---

## COLLÉGE DE FRANCE.

### CHIMIE ORGANIQUE.

COURS DE M. BERTHELOT (1).

(DEUXIÈME SEMESTRE.)

XVI (SUITE). — FIN DU COURS.

**Sur la Chaleur animale.**

La transformation de l'ammoniaque en acide azotique et eau dégage moins de chaleur que celle de l'azote et de l'hydrogène correspondants en acide azotique et eau.

De même encore dans la formation du gaz des marais des alcools méthyliques par l'intermédiaire du formène chloré,

$$C^2H^4 + Cl^2 = C^2H^3Cl + HCl$$
$$C^2H^3Cl + KHO^2 = C^2H^4O^2 + KCl,$$

la chaleur dégagée par le fait de la formation de l'acide chlorhydrique et du chlorure de potassium est moindre de 2900 calories que celle qui se produirait si les deux corps prenaient naissance dans la réaction du chlore, de l'hydrogène et de la potasse.

Un dernier exemple. L'absorption de l'oxyde de carbone par la potasse dissoute dans l'eau répond à une absorption de 82 000 calories environ; par le carbonate de potasse dissous, 94 000; par le bicarbonate dissous, 97 000. Or, la première réaction, quoique fort lente, est beaucoup plus rapide que la deuxième, et surtout que la troisième, bien que les trois réactions s'effectuent également, d'après mes expériences.

Toutes ces relations sont trop aisées à apercevoir pour en donner la démonstration, et il est facile de comprendre l'importance de leurs applications à la chimie animale.

2° *Formation de l'acide carbonique.*

A quoi répond la formation d'un équivalent d'acide carbonique, $C^2O^4$? Il faut distinguer trois cas : ou bien ce corps résulte d'une décomposition; ou bien il résulte d'une oxydation totale; ou bien enfin d'une oxydation incomplète.

*Dédoublements.* — On admet en général que le carbone et l'oxygène formés par un composé organique préexistant ne produisent pas de phénomène calorifique, en donnant lieu à l'acide carbonique. Cette conclusion est vraie pour certains corps, tels que l'acide acétique : en se dédoublant en acide carbonique et gaz des marais $C^2O^4 + C^2H^4$, le corps ne donne lieu à aucun phénomène calorifique. Mais elle est inexacte dans la plupart des cas.

Tantôt la production de l'acide carbonique répond à un dégagement de chaleur. Ainsi, dans la fermentation

(1) Voy. les nos 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 42 et 45; et pour le cours du premier semestre, les nos 4, 6, 10, 15, 19, 22 et 25.

Digitized by Google

alcoolique, la glycose en devenant alcool et acide carbonique

$$C^{12}H^{12}O^{12} = 2C^2O^4 + 2C^4H^6O^2$$

dégage environ 35 000 calories par chaque équivalent ($C^2O^4$) formé.

L'acide formique $C^2H^2O^4$ se dédoublant en acide carbonique et hydrogène

$$C^2O^4 + H^2 \text{ dégage } 27\,000 \text{ calories.}$$

Au contraire, l'acide oxalique, en se décomposant en acide carbonique et hydrogène

$$C^4H^2O^8 = 2C^2O^4 + H^2$$

absorberait environ 7500 calories pour $C^2O^4$.

et l'acide valérique $C^{10}H^{10}O^4$ donne aussi lieu à une absorption de chaleur égale à 18 000 calories environ.

Ainsi la formation de l'acide carbonique par dédoublement peut répondre soit à une absorption, soit à un dégagement de chaleur. Il n'est donc pas permis de raisonner sur la chaleur qui répond à cette formation, même opérée par dédoublement, sans en connaître l'origine.

Je ferai encore observer que l'opposition entre les résultats fournis par les trois acides homologues, formique, acétique, valérique, s'oppose à ce qu'on regarde de pareilles formations d'acide carbonique comme résultant d'une combustion interne.

*Oxydation totale.* — La formation de l'acide carbonique par oxydation totale répond toujours à un dégagement de chaleur. Mais cette chaleur peut varier beaucoup. Voici divers chiffres, tous relatifs à la formation de 44 gr. = $C^2O^4$ d'acide carbonique.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Carbone..... | $C^2 + O^4$ | dégage... | 94 000 | calories. |
| Oxyde de carbone.... | $C^2O^2$ | $C^2O^4$..... | 69 000 | — |
| Acide formique..... | $C^2H^2O^4$ | — .... | 96 000 | — |
| Gaz des marais..... | $C^2H^4$ | — .... | 210 000 | — |
| Gaz oléfiant..... | $\frac{C^4H^4}{2}$ | — .... | 160 000 | — |
| Gazogène..... | $\frac{C^4Az^2}{2}$ | — .... | 135 000 | — |

On voit que la production d'une même quantité d'acide carbonique par oxydation donne des quantités de chaleur qui varient de 69 à 210, c'est-à-dire de 1 à 3.

Ces variations dépendent dans la plupart des cas de la proportion d'oxygène consommé, laquelle varie, selon qu'elle s'adresse à un corps déjà oxydé (oxyde de carbone, $O^2$), à un corps exempt d'oxygène (carbone, $O^4$), ou enfin à un corps hydrocarboné (gaz oléfiant, $O^6$; gaz des marais : $O^8$, etc.).

Ce résultat est facile à comprendre, mais il est essentiel de remarquer que la quantité de chaleur développée peut être aussi fort différente pour une même quantité d'oxygène consommé et une même quantité d'acide carbonique produite, comme le prouvent la combustion de l'oxyde de carbone, comparée à celle de l'acide formique; et celle du carbone, comparée à celle du cyanogène. Nous reviendrons sur ce point.

Il est intéressant de comparer la chaleur produite par l'oxydation des acides gras, lors de la formation d'une même quantité d'acide carbonique.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acide formique..... | $C^2H^2O^4$..... | $C^2O^4$..... | 96 000 |
| Acide acétique . ... | $\frac{C^4H^4O^4}{2}$ | — .... | 105 000 |
| Acide butyrique.... | $\frac{C^8H^8O^4}{21}$ | — .... | 124 000 |
| Acide valérique .... | $\frac{C^{10}H^{10}O^4}{5}$ | — .... | 131 000 |
| Acide stéarique..... | $\frac{C^{35}H^{36}O^4}{18}$ | — .... | 153 000 |
| Acide margarique... | $\frac{C^{32}H^{32}O^4}{16}$ | — .... | 149 000 |

Ces nombres montrent que dans la série des acides gras, l'oxydation, en donnant naissance à une même quantité d'acide carbonique produit des quantités de chaleur de plus en plus considérables, à mesure que l'équivalent s'élève. Pour l'acide stéarique, le nombre est supérieur de moitié à celui du carbone. Cet effet résulte à la fois de la proportion décroissante (comme poids absolu) de l'oxygène dans ces acides et de l'accumulation de l'hydrogène. La limite tend vers 155 000, chaleur qui répond à $C^2H^2$.

*Oxydations incomplètes.* — Signalons encore la chaleur dégagée lorsque un corps se transforme par oxydation en un corps homologue moins condensé; genre d'oxydation si commun dans les réactions de laboratoire, et auquel on a souvent attribué un certain rôle en chimie physiologique.

La transformation de l'acide stéarique, $C^{36}H^{36}O^4$, en acide margarique $C^{32}H^{32}O^4$ par oxydation, produit $2C^2O^4$; et $2H^2O^2$, en dégageant $2 \times 187\,000$.

Celle de l'acide margarique, $C^{32}H^{32}O^4$, en acide butyrique $C^8H^8O^4$, produit $12C^2O^4 + 12H^2O^2$ et dégage $12 \times 156\,000$;

Celle de l'acide butyrique, en acide acétique $C^4H^4O^4$ produit $2C^2O^4 + 2H^2O^2$ et dégage $2 \times 143\,000$.

Enfin celle de l'acide acétique en acide formique $C^2H^2O^4$ produit $C^2O^4 + H^2O^2$ et dégage 114 000.

On voit que la chaleur dégagée par ces oxydations successives, pour une même quantité d'eau et d'acide carbonique ($C^2O^4 + H^2O^2$), va sans cesse en décroissant, depuis les acides gras proprement dits jusqu'à l'acide acétique et à l'acide formique. Résultat qui doit être rapproché de celui que j'ai signalé plus haut, relativement à la fixation graduelle de l'oxygène sur un même composé hydrocarboné.

### 3° *Production de l'eau.*

Les chiffres précédents relatifs, les uns à la fixation d'une même quantité d'oxygène, les autres à la formation d'une même quantité d'acide carbonique, sont de nature à montrer toute l'importance de la combustion de l'hydrogène.

Voici quelques nombres relatifs à la formation d'une même quantité d'eau $H^2O^2$ = 18 grammes, soit par dédoublement, soit par oxydation.

Digitized by Google

*Dédoublements.* — Ce mode de production de l'eau a été regardé comme ne donnant pas lieu à un effet calorifique notable, opinion contraire à la réalité, comme le prouvent les chiffres suivants.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alcool..... | $C^4H^4 + H^2O^2$, | absorption..... | 13 000 |
| Acide formique... | $C^2O^2 + H^2O^2$, | dégagement..... | 27 000 |

*Oxydation.* — 1° *Oxydations incomplètes.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alcool (aldéhyde).... | $C^4H^6O^2$, produit | $C^4H^4O^2 + H^2O^2$, dégage | 52 000 |
| Alcool (acide oxalique) | $\frac{C^4H^6O^2}{2}$ — | $H^2O^2$..... — | 132 000 |

Dans ces deux exemples, l'hydrogène seul est brûlé, le carbone se retrouve en entier dans le nouveau composé.

2° Voici maintenant des *combustions complètes.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| | $H^2$, en formant | $H^2O^2$, dégage..... | 69 000 calories. |
| L'alcool (acide carbonique) | $\frac{C^4H^6O^2}{3}$, | produit $H^2O^2$, dégage | 107 000 |
| Gaz des marais..... | $\frac{C^2H^4}{2}$ — | $H^2O^2$ — | 105 000 |
| Gaz oléflant..... | $\frac{C^4H^4}{2}$ — | $H^2O^2$ — | 167 000 |

Les carbures moins hydrogénés produisent encore davantage.

Série des acides gras :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Acide formique..... | $C^2H^2O^4$ | produit | $H^2O^2$ | dégage | 96 000 |
| Acide acétique..... | $\frac{C^4H^4O^4}{2}$ | — | $H^2O^2$ | — | 105 000 |
| Acide stéarique..... | $\frac{C^{36}H^{36}O^4}{18}$ | — | $H^2O^2$ | — | 153 000 |

La limite dans cette série serait 155 000 pour $H^2O^2$ produit. Ces nombres divers résultent de la combustion simultanée du carbone, à l'exception des deux premiers relatifs à l'alcool. — Mais je n'insiste pas davantage, renvoyant aux faits cités plus haut à l'occasion de l'acide carbonique.

4° *Production d'un volume d'acide carbonique égal au volume de l'oxygène absorbé.*

Ce cas est très-intéressant comme se rapprochant des conditions de la respiration animale, et réciproque avec la respiration végétale.

Voici divers exemples :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Carbone..... | $C^2 + O^4$..... | $C^2O^4$ produit... | 94 000 |
| Cyanogène..... | $\frac{C^4Az^2 + O^8}{2}$.... | $C^2O^4$ — | 135 000 |
| Acide acétique... | $\frac{C^4H^4O^4 + O^8}{2}$.. | $C^2O^4$ — | 105 000 |
| Acide formique et hydrogène | $(C^2H^2O^4 + H^2) + O^4$ | — | 165 000 |
| Glycose..... | $\frac{C^{12}H^{12}O^{12} + O^{24}}{6}$... | $C^2O^4$ — | 121 000 |

On voit que le carbone libre est le corps qui produit ici le moins de chaleur, en formant un volume d'acide carbonique égal à celui de l'oxygène absorbé. Le glycose, c'est-à-dire le type des sucres et hydrates de carbone si répandus dans l'alimentation, produit un tiers de chaleur en plus; c'est là un résultat extrêmement intéressant au point de vue de la production de la chaleur dans les animaux.

Observons encore que des effets analogues pouvaient résulter d'une compensation entre deux réactions indépendantes.

En effet, diverses réactions peuvent absorber de l'oxygène sans produire d'acide carbonique (formation des aldéhydes et des acides avec les alcools par exemple); tandis que d'autres actions peuvent dégager de l'acide carbonique sans absorber d'oxygène (décomposition de l'acide formique par la chaleur; de l'acide acétique; fermentations, etc.). Deux actions de ce genre pourraient évidemment coexister et donner lieu à une compensation apparente, l'une absorbant autant d'oxygène que l'autre dégage d'acide carbonique. On conçoit également qu'entre deux actions inégales, absorbant toutes deux de l'oxygène et produisant de l'acide carbonique, il se produise une compensation. Il serait facile d'en citer des exemples.

Or, dans cette circonstance, la chaleur dégagée par la résultante des deux phénomènes peut être beaucoup plus variable que dans le cas d'une oxydation produisant directement de l'acide carbonique.

Ainsi l'oxygène uni au carbone, en présence de l'eau, avec production de

| | |
|---|---|
| L'acide formique... $O^4 + 2C^2 + 2H^2O^2 = 2C^4H^2O^4$ paraît absorber..... | 4 000 calories. |
| L'acide carbonique $C^2O^4$ dégagé au même moment par l'acide oxalique, $C^4H^2O^8 = C^2O^4 + C^2H^2O^4$, absorberait de son côté..... | 42 000 — |
| Chaleur absorbée.... | 46 000 calories. |

C'est le cas extrême que je connaisse.

| | |
|---|---|
| Au contraire, l'oxygène $O^4$ absorbé par l'alcool éthalique, c'est-à-dire par un corps gras (avec formation d'acide margarique $C^{32}H^{32}O^4$), dégage... | 180 000 calories. |
| tandis que $C^2O^4$, produit au même moment par la fermentation du sucre, dégagerait..... | 35 000 — |
| Somme..... | 215 000 calories. |

C'est le maximum que je connaisse; il est intéressant parce qu'il répond à des conditions comparables à celles de la nutrition. Le chiffre qui en résulte est plus que double de celui qui répond au carbone.

Cet exemple est fort curieux au point de vue de la physiologie. En effet, on vient de montrer qu'un corps gras et un hydrate de carbone, c'est-à-dire deux corps de l'ordre des aliments, peuvent dégager 215 000 calories en fixant quatre équivalents d'oxygène, c'est-à-dire 32 grammes. Or si la même quantité d'oxygène avait été appliquée à brûler complétement une partie du même corps gras, au lieu de lui faire éprouver seulement un commencement d'oxydation, et sans que le corps sucré fût altéré, elle aurait dégagé seulement 106 000 calories, c'est-à-dire précisément la moitié du chiffre précédent. On voit donc qu'avec un même système d'aliments et une même consommation d'oxygène, la chaleur produite dans un animal peut varier du simple au double.

Digitized by Google

On arriverait à des résultats analogues pour la formation de l'eau, mais je n'insiste pas.

Quoi qu'il en soit, il ne paraît guère douteux que les effets du genre de ceux que nous venons d'exposer doivent se présenter fréquemment dans les phénomènes si complexes de la nutrition et de la respiration.

Exécutons maintenant ces calculs, comme on a coutume de le faire dans les recherches relatives à la respiration, c'est-à-dire en regardant l'oxygène comme employé à brûler du carbone, dont le poids répondrait à celui de l'acide carbonique trouvé, et de l'hydrogène, dont le poids est supposé proportionnel à l'excès de volume de l'oxygène consommé sur l'acide carbonique produit.

En appliquant cette méthode aux divers acides homologues, depuis l'acide formique et l'acide acétique jusqu'à l'acide stéarique, on trouve que les acides gras, à partir de l'acide butyrique $C^8H^8O^4$, jusqu'à l'acide stéarique $C^{36}H^{36}O^4$, dégagent un peu moins de chaleur, que celle qui répondrait à l'oxygène consommé et à l'acide carbonique produit. D'après les calculs précédents, la différence varie entre deux et trois centièmes, c'est-à-dire qu'elle est à peu près égale à celle qui existe entre la chaleur de combustion de $C^2 + H^2$ (163 000) et la chaleur moyenne de combustion de la différence homologue $C^2H^2$ (155 000). — Dans cette circonstance, l'acide carbonique produit représente les deux tiers du volume de l'oxygène consommé : rapport voisin de celui qui a été trouvé par M. Regnault pour les animaux nourris avec de la viande et pour le chien nourri avec de la graisse.

Au contraire l'acide acétique et l'acide formique donnent un notable excès de chaleur, comme il résulte d'ailleurs des chiffres donnés plus haut. Avec l'acide formique, l'oxygène consommé est inférieur en volume à l'acide carbonique produit; avec l'acide acétique, les volumes sont égaux et l'excès de la chaleur produite est d'un neuvième environ. Cet excès est plus grand encore dans la combustion du sucre, qui répond d'ailleurs à l'égalité de volume entre l'oxygène et l'acide carbonique. — Cette dernière condition s'est trouvée réalisée dans la respiration du lapin, du chien, de la poule nourrie d'aliments végétaux, lesquels consistent surtout en hydrates de carbone comparables au sucre. (Expériences de M. Regnault.)

On obtient également un excès de chaleur dans la combustion des corps peu hydrogénés, tels que l'acide formique, déjà cité, l'acide oxalique, l'alcool méthylique, $C^2H^4O^2$, le phénol, $C^{12}H^6O^2$; avec ces deux derniers, les seuls qui se prêtent à un calcul complet, l'excès est de cinq centièmes environ. Le même excès s'observe avec le cyanogène et l'acide cyanhydrique, les seuls corps azotés pour lesquels nous possédions les données convenables.

Ce double résultat paraîtra fort important, si l'on considère que les corps albuminoïdes, c'est-à-dire toute une classe d'aliments, sont précisément des corps dans lesquels le carbone l'emporte beaucoup sur l'hydrogène, et qui renferment de l'azote.

On voit par là comment la chaleur produite par les animaux, dans les expériences de Dulong et de Despretz, chaleur qui excède d'un dixième environ celle de la combustion des éléments, peut être expliquée par la nature de leurs aliments.

Si l'on compare la puissance calorifique des divers groupes de composés organiques, en tenant compte seulement de l'oxygène consommé et de l'acide carbonique produit par leur combustion complète, on arrive à une opposition singulière entre les corps gras à équivalent très-élevé et les corps peu hydrogénés, et à équivalent faible. — Sous le même poids, les corps gras proprement dits développent plus de chaleur, parce qu'ils consomment plus d'oxygène. Mais, pour une même quantité d'oxygène consommé, l'avantage est tout entier en faveur des corps peu hydrogénés, tels que le sucre, l'acide cyanhydrique, l'acide formique, l'acide acétique. Les corps gras fournissent en général une quantité de chaleur un peu moindre que leurs éléments combustibles, tandis que les autres composés fournissent une quantité de chaleur plus considérables.

### IV. HYDRATATION.

Les phénomènes d'hydratation et de déshydratation ont été généralement négligés dans les considérations relatives à la chaleur animale, celle-ci étant attribuée exclusivement à des phénomènes d'oxydation. Or les faits et les considérations que j'ai développés dans mes recherches sur la chaleur de formation des principes organiques permettent d'établir que cette opinion est inexacte et qu'une quantité notable de chaleur peut prendre naissance aux dépens de ses aliments par des hydratations ou des déshydratations, indépendamment de toute espèce d'oxydation, et sans qu'il y ait ni oxygène absorbé ni acide carbonique produit.

Voici quelques nombres à cet égard; je les donnerai d'abord, puis je montrerai qu'ils peuvent être applicables à la chimie physiologique.

La *fixation des éléments de l'eau* répond à un dégagement de chaleur dans la formation de

| | | |
|---|---|---|
| L'alcool ordinaire..... | $C^4H^4 + H^2O^2$..... | 13 000 calories. |
| L'alcool amylique..... | $C^{10}H^{10} + H^2O^2$..... | 16 000 — |

Au contraire, il y a absorption de chaleur lorsque le formiate d'ammoniaque se forme à l'aide de l'acide cyanhydrique.

$$C^2AzH + 2H^2O^2 = C^2H^2O^4,AzH^3.$$

De même :

| | |
|---|---|
| L'oxalate d'ammoniaque formé avec le cyanogène.. | 98 000 |
| Soit pour $H^2O^2$ fixé..... | 24 500 |

Il en est probablement de même dans la formation d'un grand nombre de sels ammoniacaux avec les amydes correspondants,

Digitized by Google

Il y a également dégagement de chaleur lorsque l'eau se fixe sur la plupart des éthers à acides organiques pour reproduire l'alcool et les acides. Ce dégagement n'est pas moindre de trois à quatre centièmes de la chaleur de combustion totale, pour la plupart des éthers. Il en est de même des éthers mixtes, c'est-à-dire formés par l'association de deux corps neutres, tels que les alcools.

Enfin ce résultat paraît également applicable à l'hydratation des corps gras neutres, à leur transformation en acide gras et en glycérine, comme nous avons cherché à le montrer pour l'oléine naturelle.

Au contraire, la *déshydratation* répond à un dégagement de chaleur dans les cas suivants :

Formation de l'oxyde de carbone avec l'acide formique.

$$C^2H^2O^4 - H^2O^2 \ldots\ldots\ldots\ 27\,000.$$

Décomposition de divers sels ammoniacaux, tels que le nitrate d'ammoniaque, le nitrite d'ammoniaque, et sans doute plusieurs autres;

Dédoublement des éthers iodhydrique, chlorhydrique, de l'acide éthylsulfurique; des éthers formiques, etc.

Réciproquement la formation de l'eau aux dépens des composés organiques tout formés, et sans l'intervention de l'oxygène libre, donne lieu dans les premiers cas que je viens de citer, à une *absorption* de chaleur. Il n'est donc pas permis d'attribuer cette formation en général à une oxydation indirecte, pas plus que celle de l'acide carbonique.

Les faits que je rappelle ici mettent en évidence toute l'importance calorifique des phénomènes d'hydratation ou de déshydratation. Cette considération est d'autant plus essentielle au point de vue de la chaleur animale que la plupart des matières alimentaires sont susceptibles de donner lieu à des phénomènes de cette espèce.

On sait en effet qu'elles appartiennent à trois catégories :

Les substances grasses;
Les hydrates de carbone;
Les substances albuminoïdes.

Or les substances albuminoïdes sont des amydes, et comme tels, peuvent donner lieu à des phénomènes calorifiques, lors de leur hydratation avec dédoublement ou de leur déshydratation avec combinaison.

Les hydrates de carbone, sucre, amidon, dégagent de la chaleur par leur seul dédoublement, indépendamment de toute oxydation.

Enfin les corps gras neutres peuvent donner de la chaleur en se dédoublant par simple hydratation, comme il arrive sous l'influence du suc pancréatique. Rappelons d'ailleurs ce fait capital sur lequel nous avons insisté, à savoir que la quantité de chaleur fournie par la fixation d'une même quantité d'oxygène sur un corps gras est d'autant plus grande, pour les premiers équivalents d'oxygène fixés, que la molécule du corps gras lui-même est plus condensée.

Tous ces faits montrent comment le problème de la chaleur animale doit être généralisé. Comme il arrive toujours dans la science, le problème est recompliqué à mesure que l'on se rapproche davantage des conditions réelles du problème naturel.

Cependant l'idée fondamentale n'en subsiste pas moins, mais avec une extension nouvelle. Il ne paraît pas douteux qu'il existe une relation directe, d'une part entre la chaleur produite par les animaux, jointe aux travaux extérieurs qu'ils accomplissent, et d'autre part le travail intérieur des affinités chimiques, accompli dans leurs organes en raison des actions réciproques entre les aliments introduits, les matériaux des mêmes organes et l'oxygène inspiré. C'est la source essentielle de l'activité des animaux: elle résulte du jeu normal des affinités et contraste singulièrement avec l'activité végétale, laquelle résulte surtout du travail extérieur accompli par la lumière solaire, c'est-à-dire d'un effet contraire au travail normal des affinités chimiques.

Dr Bourgoin, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIQUE VÉGÉTALE (1).

COURS DE M. GEORGES VILLE.

### VI.

**Produits transitoires de l'activité végétale. — Albuminoïdes.**

Pour terminer l'étude des produits transitoires de l'activité végétale, nous devons nous occuper aujourd'hui de ceux qui admettent dans leur composition de l'azote, du soufre et du phosphore en outre du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, et qui forment le second groupe de ces produits.

Comme les hydrates de carbone, ils existent dans tous les végétaux indistinctement; seulement ils y sont toujours en quantités beaucoup moindres. Les chimistes les désignent ordinairement sous le nom de substances albuminoïdes, du nom de l'albumine qui en fait partie. Ces matières, au nombre de trois seulement, répondent aux trois états essentiels des hydrates de carbone :

| | |
|---|---|
| Soluble..... | Albumine. |
| Semi-soluble..... | Caséine ou légumine. |
| Insoluble..... | Fibrine. |

Elles ne sont pas également répandues dans toutes les parties du végétal. Certains organes en renferment jusqu'à 15 et 20 pour 100 de leur poids, d'autres n'en contiennent au contraire que des traces. C'est principalement dans les graines et dans les jeunes pousses qu'elles se concentrent et qu'on les trouve en plus grande quantité. Remarquables par leur composition élémentaire, ces matières le sont plus encore par

(1) Voy. les nos 32, 36, 38, 39 et 44.

Digitized by Google

les propriétés, sans analogues dans le règne minéral, que possèdent les produits de leurs altérations. Pour vous les faire bien connaître, nous allons, avant d'en étudier les fonctions, passer rapidement en revue les caractères et les propriétés de chacune d'elles.

*Albumine.*—Tous les sucs végétaux contiennent de l'albumine en dissolution. Pour s'en convaincre, il suffit de les porter à l'ébullition : l'albumine se sépare sous forme de flocons caillebottés entraînant avec eux une petite quantité de matières étrangères dont la chlorophylle fait partie.

L'albumine possède un pouvoir rotatoire gauche. Sa solution aqueuse concentrée est visqueuse et filante. Si on l'expose à la chaleur, elle devient opaline vers 59°,5 et vers 70 degrés la totalité de l'albumine se sépare. Elle est désormais insoluble dans l'eau. Desséchée à 40 degrés, à l'air, l'albumine se présente sous forme de pellicules jaunâtres et fendillées, solubles dans l'eau et brûlant difficilement en répandant l'odeur propre aux matières animales. Sa combustion laisse un très-faible résidu de cendres fortement alcalines. L'albumine coagulée par la chaleur est blanche, élastique, opaque et granuleuse. Elle jaunit par la dessiccation et devient alors cassante comme la corne. Plongée de nouveau dans l'eau froide, après avoir été desséchée, elle en absorbe environ cinq fois son volume et reprend son aspect primitif sans se dissoudre. Elle se dissout en partie dans l'eau bouillante lorsque l'action de cette dernière est suffisamment prolongée, ou mieux, en la chauffant à 150 degrés avec de l'eau, dans un tube scellé à la lampe ; mais la solution ainsi obtenue ne reproduit plus les propriétés de l'albumine. Cette dernière a été profondément modifiée.

Un grand nombre de réactifs précipitent les solutions d'albumine. Parmi eux nous citerons le tannin, la baryte, la strontiane et la chaux, qui forment avec elle des combinaisons insolubles. L'alcool précipite l'albumine en la rendant insoluble dans l'eau, mais sans s'y combiner. Les acides sulfurique, chlorhydrique et nitrique la précipitent complétement dans des dissolutions de moyenne concentration. L'acide nitrique la précipite encore dans des dissolutions même très-étendues. Le précipité, d'abord blanc, jaunit ensuite peu à peu. Les acides phosphorique et acétique ne la précipitent pas ; le dernier cependant la fait prendre en gelée lorsque les solutions sont concentrées. La plupart des sels métalliques en solution, le bichlorure de mercure, le sulfate de cuivre, le nitrate d'argent, l'alun, etc., précipitent l'albumine, qui forme avec leurs bases des composés insolubles. L'acétate de plomb neutre ne la précipite pas, mais elle est précipitée par le sous-acétate de plomb.

Enfin, soumise à l'analyse chimique, l'albumine s'est montrée composée de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| Carbone | 53,56 |
| Hydrogène | 7,10 |
| Azote | 15,87 |
| Oxygène | 23,47 |
| Soufre | 1,80 |

Ce qui conduit à la formule $C^{144}H^{112}Az^{18}S^{2}O^{44}$ (1).

*Caséine ou Légumine.*—On trouve la caséine dans les amandes, les haricots, les pois, les lentilles, et en général dans toutes les semences des légumineuses. Le plus ordinairement on l'extrait des pois ou des amandes.

(1) Gerhardt, *Chimie organique*, t. IV.

Elle est soluble dans l'eau froide. Portée à une température voisine de l'ébullition, sa solution se couvre, comme le lait, d'une pellicule désormais insoluble. Si on l'enlève, il s'en forme une seconde, et, ainsi de suite, jusqu'à ce que de pellicule en pellicule la totalité de la caséine ait disparu.

Traitée immédiatement par l'eau bouillante, la caséine ne se dissout pas. Elle est également insoluble dans l'alcool et dans l'éther. L'acide acétique la précipite de sa solution aqueuse. Un excès du même acide la redissout en partie. La plupart des acides se comportent de même. L'acide phosphorique ne la précipite dans aucun cas. Les alcalis caustiques ou carbonatés dissolvent facilement la caséine, même après qu'elle a été précipitée par un acide. Les sels terreux et métalliques se comportent avec elle comme avec l'albumine. La solution de caséine, abandonnée à elle-même à la température de 15 à 20 degrés, se coagule spontanément dans l'espace de vingt-quatre heures. Il se forme un précipité semblable au caséum, et la liqueur surnageante, jaunâtre, renferme de l'acide lactique.

La caséine laisse à la combustion des cendres fortement alcalines, exactement comme l'albumine.

L'analyse élémentaire lui assigne la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Carbone | 53,56 |
| Hydrogène | 7,10 |
| Azote | 15,87 |
| Oxygène | 23,47 |
| Soufre | 1,00 |

Ces rapports sont identiques avec ceux de l'albumine, et, comme eux, conduisent à la formule $C^{144}H^{112}Az^{18}S^{2}O^{44}$.

*Fibrine.*— Si l'on fait une pâte molle avec de la farine de froment et de l'eau et qu'on la malaxe sous un filet d'eau, celui-ci entraîne la plus grande partie de l'amidon, et il reste finalement une matière molle, élastique, de couleur grisâtre : c'est le gluten. Cette substance est en grande partie formée de fibrine végétale ; mais elle contient encore de l'amidon et une petite quantité de matières azotées différentes de la fibrine, dont il est facile de la débarrasser. La fibrine pure a la même composition et la même formule que l'albumine et que la caséine. Les cendres qu'elle laisse à la combustion sont phosphatées, mais ne contiennent pas d'alcali libre.

Le gluten de blé est de toutes les matières albuminoïdes celle qui nous intéresse au plus haut degré ; aussi laisserons-nous de côté la fibrine pure pour insister sur les propriétés de cette substance, dont la fibrine est la base, et à laquelle le froment doit la plus grande partie de ses propriétés nutritives.—Abandonné à l'air, le gluten humide subit une altération spontanée par suite de laquelle il devient d'abord visqueux et collant, puis il se liquéfie et finit par entrer en putréfaction. Par une décomposition prolongée, le gluten se détruit complétement en laissant dégager de l'acide sulfhydrique et de l'ammoniaque. La potasse faible dissout aisément le gluten. Si l'on neutralise la solution par un acide, la matière albuminoïde se précipite sous forme de flocons gonflés. L'acide acétique dissout aussi le gluten. La solution trouble est difficile à filtrer. Si on l'évapore, il se forme à sa surface des pellicules comme sur une dissolution de caséine. Par le refroidissement, la masse se prend en gelée gluante. Neutralisée par le carbonate d'ammoniaque, la solution acétique laisse déposer la matière albuminoïde.

C'est le gluten qui rend la farine de froment propre à la fabrication du pain. Quand cette farine est de bonne qualité,

Digitized by Google

son gluten est homogène, élastique, d'un blond tirant sur le jaune, et doué d'une odeur fade. Il s'étale en lames minces sur une plaque de verre ou sur une soucoupe. Si la farine a été mal fabriquée, le gluten est grenu, difficile à rassembler dans la main. Il présente ce caractère lorsque, par l'effet d'une trop grande vitesse des meules, la farine a éprouvé pendant la mouture l'action d'une température trop élevée. Elle exhale alors une odeur particulière, que les meuniers caractérisent en disant qu'elle sent la pierre à fusil. Quand les farines ont subi un commencement d'altération sous l'influence de l'humidité, leur gluten est visqueux, la pâte, lève mal et le pain qui en provient est massif et manque de porosité.

Toutes les variétés de froment ne donnent pas un gluten identique. Les blés auxquels on a donné le nom de blés glacés, par exemple, ne fournissent qu'un gluten très-mou et très-flasque, et leur farine produit un pain de médiocre qualité. Mais, d'un autre côté, ces farines sont particulièrement propres à la fabrication des pâtes d'Italie. Aussi cette industrie s'est-elle beaucoup développée dans la Limagne d'Auvergne, où cette variété de blé réussit à merveille, à cause de la grosseur et de la rigidité de son chaume, qualités qui le préservent de la verse. C'est là un avantage de premier ordre dans une contrée où le sol possède une grande richesse de fond et où l'humidité du climat pousse à un grand développement herbacé.

La quantité de gluten contenue dans les grains de froment varie beaucoup, elle oscille entre 10 et 20 pour 100.

Voici, d'après M. Peligot, la composition moyenne du froment déduite de quatorze analyses de variétés différentes :

| | |
|---|---|
| Gluten | 12,8 |
| Albumine | 1,8 |
| Amidon | 59,7 |
| Dextrine | 7,2 |
| Matières grasses | 1,2 |
| Cellulose | 1,7 |
| Sels minéraux | 1,6 |
| Eau | 14,6 |
| | 100,0 |

Le gluten se retrouve dans toutes les semences des céréales, mais avec des caractères tellement différents, que l'examen attentif du gluten que donne une farine peut, dans une certaine mesure, faire reconnaître les falsifications qu'elle aurait subies.

*Seigle.* — Le gluten d'un mélange, à parties égales, de farine de seigle et de farine de froment, est noirâtre et visqueux, sans homogénéité; il se désagrége en partie et adhère aux doigts. Il s'étale beaucoup plus que le gluten du blé.

*Orge.* — Un mélange de farines de blé et d'orge, à parties égales, donne un gluten désagrégé, sec, non visqueux, d'un brun rougeâtre sale, et paraît formé de filaments vermiculés, entremêlés et tordus sur eux-mêmes.

*Avoine.* — Avec un mélange à parties égales de blé et d'avoine, le gluten est visqueux et noirâtre, avec un grand nombre de petits points blancs à la surface.

*Maïs.* — Avec un semblable mélange de blé et de maïs, le gluten est jaunâtre, non visqueux, ferme, cassant, et ne s'étale pas comme celui du froment.

*Légumineuses.* — L'addition des farines de légumineuses fait perdre au gluten son liant, son élasticité, et le divise au point de le rendre susceptible de passer au travers d'un tamis, comme l'amidon.

*Sarrasin.* — L'introduction du sarrasin dans la farine de froment ne nuit pas à l'extraction du gluten, qui conserve tout son liant et toute son homogénéité. La couleur seule est modifiée. Humide, ce gluten offre une teinte noirâtre ; sec, il est d'un noir assez foncé.

Peut-être faut-il chercher la raison des différences que présentent entre eux les glutens des diverses semences dans la nature des minéraux qui les accompagnent.

*Minéraux contenus dans 100 parties des cendres de diverses céréales.*

| | Acide phosphorique. | Potasse et soude. | Chaux et magnésie. | Silice. |
|---|---|---|---|---|
| Froment | 57,3 | 28,5 | 13,6 | 0,30 |
| Maïs | 50,1 | 30,8 | 18,3 | 0,00 |
| Orge | 38,5 | 19,8 | 10,4 | 28,70 |
| Avoine | 14,9 | 12,9 | 11,4 | 53,00 |
| Moyennes | 40,2 | 23,0 | 13,4 | |

On voit que le froment dont le gluten est le plus tenace, le plus solide, renferme le plus d'acide phosphorique. Chez l'avoine, au contraire, où la proportion d'alcalis est presque égale à celle de l'acide phosphorique, le gluten devient presque liquide. La plus grande cohésion du gluten coïncide donc avec la prédominance de l'acide phosphorique. La substitution des phosphates terreux aux phosphates alcalins semble rendre le gluten granuleux et cassant (maïs et orge).

Mais cette influence des minéraux sur la nature du principe albuminoïde contenu dans les graines devient encore plus manifeste si des graines à fibrine nous passons aux graines à caséine.

*Minéraux contenus dans 100 parties des cendres de diverses graines légumineuses.*

| | Acide phosphorique. | Potasse et soude. | Chaux et magnésie. |
|---|---|---|---|
| Pois | 30,1 | 37,8 | 10,1 |
| Fèves | 37,9 | 39,8 | 1,3 |
| Haricots | 26,8 | 49,1 | 5,8 |
| Moyennes | 31,6 | 42,2 | 5,7 |

Vous remarquerez qu'ici les alcalis sont prédominants, aussi le principe albuminoïde prend-il la forme soluble. La solubilité ou l'insolubilité du principe albuminoïde dans les graines semble donc dépendre de la prédominance de l'acide phosphorique ou des alcalis.

Vous voyez par ce qui précède, que j'ai procédé à l'égard des matières albuminoïdes comme je l'avais fait pour les hydrates de carbone. Je me suis appliqué d'abord à mettre en lumière les caractères différentiels qui servent aux chimistes à les distinguer entre elles, je dois maintenant vous signaler leurs ressemblances. Elles présentent, en effet, un certain nombre de caractères communs.

1° Toutes se dissolvent dans l'acide chlorhydrique concentré. Préparée à l'abri du contact de l'air, la dissolution est incolore. A l'air, elle prend une belle coloration violet bleu.

2° Les alcalis caustiques (potasse ou soude) dissolvent toutes les matières albuminoïdes, et la solution précipitée par l'acide acétique laisse déposer une matière grisâtre, toujours la même, quelle que soit la substance albuminoïde employée. Cette matière, qui a reçu le nom de protéine, ne renferme plus ni soufre ni phosphore. Ces derniers restent dans la liqueur à l'état d'acides sulfhydrique et phosphorique.

3° Le nitrate acide de mercure donne avec toutes les matières albuminoïdes une magnifique coloration rouge qui se développe après quelques instants de contact.

Digitized by Google

4° Toutes les matières albuminoïdes, soumises à l'action d'agents puissants d'oxydation (mélange d'acide sulfurique et de peroxyde de manganèse), fournissent des produits appartenant aux séries benzoïque et acétique ou à leurs homologues.

5° Enfin, toutes les matières albuminoïdes présentent la même composition et répondent à la même formule. Elles sont donc isomères entre elles aussi bien que les hydrates de carbone, dont elles se distinguent toutefois par l'extrême élévation de leur équivalent.

Mais les analogies que présentent entre eux ces corps remarquables ne se bornent pas à ces ressemblances chimiques. Comme je vous l'ai montré pour les hydrates de carbone, les substances albuminoïdes peuvent être transformées les unes dans les autres à l'aide des réactions les plus simples.

Si l'on broie la fibrine insoluble dans un mortier avec du nitrate de potasse et quatre ou cinq fois son volume d'eau distillée, et qu'on ajoute quelques gouttes de potasse ou de soude caustique, représentant en alcali le cinquantième, environ, du poids de la fibrine employée, celle-ci se dissout et le liquide acquiert toutes les propriétés de l'albumine. Il se coagule par la chaleur et précipite par l'alcool, par le sous-acétate de plomb et par le bichlorure de mercure.

Parmi les caractères propres à la caséine, nous avons cité celui de former une pellicule lorsqu'on évapore sa dissolution. Ajoutez à une liqueur contenant de l'albumine quelques gouttes de potasse ou de soude caustique, et vous lui communiquerez cette remarquable propriété. Le même résultat s'obtient avec la fibrine en la dissolvant au moyen d'un alcali caustique.

Enfin, l'albumine coagulée par la chaleur ou la caséine, enlevée à l'état de une pellicule pendant l'évaporation de sa dissolution, présente tous les caractères de la fibrine insoluble.

On ne trouve entre ces trois corps de différences profondes et décisives que dans la nature des cendres qu'elles laissent après leur combustion, et c'est sans doute à cette circonstance qu'il faut attribuer les différences d'état physique qu'elles présentent dans la nature.

Les cendres qui proviennent de l'albumine ou de la caséine contiennent une forte proportion d'alcali libre; celles de la fibrine, au contraire, n'en renferment pas. Nous venons d'ailleurs de voir que la potasse dissolvait la fibrine et lui communiquait les propriétés de la caséine. Si l'on rapproche ces faits des remarques que nous avons faites sur la composition des cendres des graines à fibrine et à caséine, on est irrésistiblement conduit à conclure qu'il existe une sorte de corrélation entre la forme particulière que prend le principe albuminoïde au sein d'un organe et la nature des éléments minéraux qu'il y rencontre. Ainsi, l'albumine répandue dans toutes les parties de la plante et qui, à un moment donné, afflue vers la graine, y prendrait la forme de fibrine ou de caséine, suivant qu'elle y trouverait en plus forte proportion l'acide phosphorique ou les alcalis. La forme albumine serait elle-même déterminée, dans la tige, par une proportion d'alcalis très-considérable, relativement aux faibles quantités d'acide phosphorique qui s'y rencontrent.

Quoi qu'il en soit de cette observation, il est au moins certain que, pendant la formation de la graine, les matières albuminoïdes sont résorbées de toutes les parties du végétal, pour venir s'accumuler autour de l'embryon, où elles contribueront ensuite à assurer les premières conditions nécessaires à son développement. Des faits incontestables viennent à l'appui de cette assertion.

Dans les plantes annuelles, lorsque la fécondation est accomplie, on voit s'affaiblir graduellement la couleur verte des feuilles, toute la plante jaunit et se dessèche. Le dépérissement commence par les racines qui, de tendres et succulentes, deviennent sèches et coriaces. Il gagne ensuite les feuilles inférieures, puis s'étend de proche en proche jusqu'aux organes de la fructification, qui se dessèchent et s'atrophient les derniers. Pour un grand nombre de plantes, ce travail peut même se produire en dehors de l'influence du sol, car si on les arrache de terre à l'époque de la floraison, elles ne continuent pas moins à former leurs graines, pourvu qu'on les maintienne à l'ombre et dans un lieu frais. M. Duchartre a constaté l'exactitude de ce fait sur les céréales, et, en agriculture, on le met journellement à profit sur les pieds de moutarde, que l'on coupe avant l'entière formation de la graine, pour éviter la perte d'une partie des semences, qui se détachent avec une grande facilité dès qu'elles sont parvenues à maturité complète. Comment comprendre la maturation des graines dans de pareilles conditions, sans admettre qu'elles puisent au sein de la plante même les produits de leur formation?

Des faits d'une autre ordre viendraient au besoin confirmer la réalité de cette explication.

Les céréales, le trèfle, la luzerne, les vesces, le ray-grass, et en général toutes les plantes fourragères, offrent aux bestiaux un aliment succulent et nutritif, lorsqu'on les coupe vers l'époque de la floraison. Mais si, pour les récolter, on attend que les graines soient mûres, les tiges et les feuilles ont perdu plus de 50 pour 100 de leur valeur nutritive.

Dans les grands végétaux, ces effets d'épuisement ne sont pas moins sensibles. En parcourant un verger au mois d'août on reconnaît, au seul aspect des feuilles, les arbres dont les fruits sont arrivés à maturité. Par leur couleur terne, par le jaunissement de leurs feuilles et par la chute d'un grand nombre d'entre elles, ces arbres offrent un frappant contraste avec ceux dont l'époque de maturité n'est pas encore venue. Du reste, l'appareil annuel ne participe pas seul à cet épuisement. Dans les arbres il est partagé, jusqu'à un certain point, par les organes survivants. On ne peut expliquer autrement l'espèce de périodicité qu'affectent les bonnes récoltes chez un grand nombre d'arbres fruitiers. Chez les oliviers, par exemple, il est rare qu'une récolte abondante ne soit pas suivie de deux autres récoltes médiocres. C'est encore pour le même motif que la croissance d'un arbre est arrêtée et son existence abrégée, lorsqu'il porte des fruits trop jeune.

Enfin, l'analyse chimique vient ajouter à tous ces faits le contrôle de ses déterminations, en nous montrant que les fruits sont de toutes les parties de la plante les plus azotées, et qu'à leur maturité ils renferment la presque totalité de l'azote répandu antérieurement dans tous les organes.

En même temps, donc, que les hydrates de carbone et les phosphates alcalins sont résorbés, comme nous l'avons établi, de toutes les parties de la plante pour venir se concentrer dans la graine, l'albumine subit un transport analogue et vient y prendre la forme de fibrine ou de caséine, suivant qu'elle y rencontre l'acide phosphorique ou les alcalis prédominants.

Digitized by Google

Au sein de l'organisation végétale, les phénomènes inverses ne sont pas moins évidents. Le grain de blé contient beaucoup de gluten et fort peu d'albumine. Lorsqu'on le met à germer, le gluten se liquéfie sous l'influence de l'humidité, se transforme en albumine et passe dans les tissus du jeune embryon pour leur fournir le principe albuminoïde nécessaire à la formation de nouveaux organes.

Il existe donc, entre les transformations des albuminoïdes et celles des hydrates de carbone, un parallélisme parfait. Dans toutes les circonstances où l'amidon passe à l'état de glucose, c'est-à-dire de la forme insoluble à la forme soluble, la fibrine, subissant le même changement, se transforme en albumine. Lorsqu'au contraire les glucoses se condensent en amidon, l'albumine se convertit simultanément en fibrine.

L'histoire physiologique des albuminoïdes vient donc aussi apporter son tribut à la démonstration de cette vérité de premier ordre, sur laquelle l'étude des minéraux et celle des hydrates de carbone ont déjà jeté une si vive lumière, savoir :

Que l'existence de tout végétal, comme de tout organe végétal, je dirais presque de tout élément anatomique, passe par trois phases bien distinctes : 1° la *période embryonnaire*, pendant laquelle il se forme au moyen des matières organiques et minérales accumulées dans la graine ou dans les organes antérieurs ; 2° la *période active*, pendant laquelle il organise la matière venant des milieux ambiants ; 3° la *période de résorption*, pendant laquelle il cède une grande partie de sa substance aux organes en voie de formation.

Ces trois périodes sont en réalité moins tranchées que nos expressions, prises dans un sens trop absolu, ne sembleraient l'indiquer. Elles se confondent un peu à leurs limites, c'est-à-dire que la première peut s'achever alors que la seconde est déjà commencée, que la seconde peut encore se continuer pendant que la troisième commence. Mais il n'est pas moins vrai que dans la vie de chaque plante et de chacun de ses organes, il existe certains moments où tous les phénomènes qui s'accomplissent appartiennent, sans exception, à l'une de ces trois périodes fondamentales.

Les albuminoïdes existent dans les végétaux en quantités beaucoup plus faibles que les hydrates de carbone; ils jouent un rôle très-important dans la production des jeunes tissus : aussi la résorption est-elle le phénomène dominant de leur histoire. Ils sont, pour ainsi dire, perpétuellement en mouvement dans la plante et se transportent partout où une création nouvelle réclame leur présence. Cependant leur masse augmente dans le végétal pendant sa période foliacée; il faut donc que la nature dispose, comme pour les hydrates de carbone, des moyens de les produire de toutes pièces à l'aide des agents extérieurs.

Cette considération nous conduirait à rechercher, comme nous l'avons fait pour les hydrates de carbone, la véritable constitution moléculaire des albuminoïdes et le mécanisme des réactions qui leur donnent naissance. Mais l'état actuel de la science ne nous permet pas d'entrer dans cet ordre de questions. Nous ne savons presque rien sur le véritable arrangement des éléments dans la molécule de l'albumine. Tout ce qu'il est permis d'en dire, c'est que vraisemblablement l'*ammoniaque y joue un certain rôle ;* mais la définition de ce rôle nous échappe complétement (1). Acceptons donc provisoirement les albuminoïdes comme une formation de premier degré, au même titre que les hydrates de carbone, et reconnaissons que ces deux séries de composés, qui s'accompagnent constamment dans les végétaux et qui prennent une part si active à leur accroissement et à leur reproduction par le concert de leurs métamorphoses, justifient pleinement la dénomination que nous leur avons donnée, en commençant, de produits transitoires de l'activité végétale.

Les transformations des hydrates de carbone et des albuminoïdes ne sont pas seulement parallèles et simultanées, mais encore liées les unes aux autres par un rapport de cause à effet, et c'est là, sans contredit, le côté le plus intéressant de l'histoire des albuminoïdes.

Je vous ait dit que le gluten humide, abandonné à lui-même, ne tardait pas à se liquéfier. Faites la même expérience en ajoutant de l'amidon et de l'eau, et en maintenant la température entre 40 et 50 degrés. Non-seulement le gluten se liquéfiera comme précédemment, mais l'amidon lui-même disparaîtra et donnera naissance à de la dextrine et à de la glucose. Or, ces deux produits ayant la même composition que l'amidon, il est manifeste que leur formation n'est point due à un emprunt d'éléments fait au gluten. Comme dans l'action de l'acide sulfurique étendu, elle résulte du dédoublement de l'amidon par fixation d'eau sur sa molécule.

Au contact de l'air et de l'eau, le gluten s'oxyde et change de nature, et le seul fait de cette altération entraîne la métamorphose de l'amidon qui se trouve en contact avec lui.

Pendant la germination des graines, les mêmes phénomènes s'accomplissent, et, en arrêtant leur marche par la dessiccation du grain, au moment où le germe a atteint 2 à 3 millimètres de longueur, on peut extraire de la graine une matière albuminoïde, soluble dans l'eau et qui saccharifie l'amidon avec une surprenante énergie. Cette substance, appelée diastase, est un des premiers produits de l'altération du gluten.

Ce fait n'est point isolé. Toutes les matières albuminoïdes sont susceptibles d'engendrer sous l'influence de l'oxygène des produits spéciaux, auxquels on donne le nom de ferments, et qui déterminent les dédoublements les plus remarquables des hydrates de carbone, pour les ramener de leurs formes complexes à leurs formes plus simples ou même pour les transformer en produits nouveaux, d'une condensation encore moins élevée. Telle est, par exemple, la fermentation alcoolique dans laquelle le sucre $C^{12}H^{12}O^{12}$ se transforme en alcool $C^4H^6O^2$, acide carbonique $CO^2$, glycérine $C^6H^8O^6$ et acide succinique $C^8H^6O^8$, substances qui, toutes, renferment dans leur molécule beaucoup moins de carbone que le sucre qui leur a donné naissance.

(1) M. Hunt suppose que les petites quantités de soufre contenues dans l'albumine (et les autres albuminoïdes) y remplacent l'oxygène à peu près comme de petites quantités de magnésie remplacent la chaux dans certaines chaux carbonatées. Le même savant suppose aussi qu'à l'état de pureté la matière non sulfurée renfermerait les éléments de la cellulose, plus de l'ammoniaque, moins de l'eau.

$$\underbrace{2C^{12}H^{10}O^{10}}_{\text{Cellulose.}} + \underbrace{3AzH^3}_{\text{Ammoniaque.}} - \underbrace{12HO}_{\text{Eau.}} = \underbrace{C^{24}H^{17}Az^3O^8}_{\text{Albumine.}}$$

Cette formule de l'albumine exige les rapports suivants :

| | |
|---|---|
| Carbone | 53,93 |
| Hydrogène | 6,36 |
| Azote | 15,73 |
| Oxygène | 24,44 |

(Gerhardt, *Chimie organique*, t. IV, p. 439.)

Digitized by Google

Vous vous souvenez que, dans notre précédente leçon, nous avons reconnu, au sein des végétaux, l'existence de deux grands courants de réactions inverses : d'un côté, les phénomènes de synthèse qui s'accomplissent pendant la vie active des organes et qui donnent naissance aux produits de haute condensation moléculaire qui s'accumulent dans les tissus; et, de l'autre, les dédoublements analytiques qui ramènent ces produits à des formes plus simples et rendent possible la résorption de la substance des organes anciens pour servir à la nutrition des parties nouvelles. Nous avons trouvé, en quelque sorte, la cause des formations synthétiques dans le *pouvoir réducteur que la respiration végétale exerce sur l'acide carbonique et sur l'eau*, dans l'*état naissant des résidus de cette réduction* et dans les *pressions intracellulaires qui déterminent la condensation de ces résidus*. Mais la cause des réactions analytiques nous avait jusqu'ici échappé.

Comment comprendre que ces édifices moléculaires si compliqués, formés par le concours de forces si puissantes, soient capables de se détruire avec une extrême facilité et de redescendre à des formes plus simples dans le végétal même où ils viennent de prendre naissance?

Maintenant que nous connaissons les propriétés remarquables des albuminoïdes, que nous savons que les produits de leurs altérations sont susceptibles de déterminer des dédoublements moléculaires profonds sur les corps de la classe des hydrates de carbone, que nous avons constaté que ces produits d'altération que l'on désigne sous le nom de ferments *s'engendrent par l'action de l'oxygène sur les albuminoïdes*; si j'ajoute que toutes les parties végétales où l'activité vitale est à son déclin respirent inversement aux parties vertes et absorbent de l'oxygène au lieu de réduire l'acide carbonique, les réactions analytiques ne présenteront plus rien de mystérieux pour nous. Nous verrons immédiatement qu'elles sont corrélatives de l'oxydation comme les effets de synthèse le sont de la réduction, seulement entre l'oxydation et les dédoublements analytiques se place un intermédiaire obligé : c'est le ferment qui résulte de l'action immédiate de l'oxygène sur les matières albuminoïdes.

Ces effets de fermentation que nous n'avons fait qu'indiquer, sont si généraux et remplissent dans l'économie des êtres organisés, et particulièrement dans la vie végétale, un rôle si important, que je crois indispensable de consacrer une séance entière à leur étude : ce sera le sujet de la prochaine leçon.

H. Joulie, pharmacien en chef de l'hôpital Saint-Antoine.

## BIBLIOGRAPHIE.

Sous le titre : *Mouvement circulaire de la matière dans les trois règnes*, M. A. Longet, membre de l'Institut, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Paris, vient de publier des tableaux, comprenant un aperçu des fonctions nutritives dans les êtres organisés, qui résument avec clarté et précision les principes de la physiologie moderne. Après avoir indiqué les seize corps simples *minéraux* représentant les matières que les *plantes* mettent en œuvre pour se constituer et préparer la nourriture des animaux, l'auteur, passant au règne végétal, étudie les plantes alimentaires les plus importantes formant la base de la nourriture des herbivores, et il range en quatre classes les principes nutritifs qu'elles contiennent (principes azotés ou albuminoïdes, principes amyloïdes et sucrés, principes gras, eau et principes salins inorganiques). Dans l'étude du règne animal, qui est traitée avec de grands développements, M. Longet retrouve ces quatre classes de principes nutritifs empruntés par les herbivores au règne végétal, et que les carnivores prennent ensuite dans les tissus de ces derniers. Il parcourt ensuite les principales fonctions à l'aide desquelles ces principes sont assimilés par les animaux, puis désassimilés après avoir servi à la vie : la digestion, l'absorption digestive et respiratoire, qui lui fournit un chapitre très-intéressant sur le rôle des veines et des chylifères; la circulation, les sécrétions, les diverses excrétions, etc.

Un tableau supplémentaire, éclairé par une grande figure schématique, fait apercevoir d'un seul coup d'œil les différentes périodes du torrent circulatoire et tous les organes qui le facilitent ou le règlent.

M. Longet termine par la conclusion générale suivante :

CONCLUSION GÉNÉRALE. — Les plantes font de la *matière organique* en fixant et en combinant, de diverses manières, certains éléments minéraux; au point de vue de l'alimentation, elles représentent les intermédiaires obligés, nécessaires, entre le règne minéral et les animaux.

Il fallait, par conséquent, d'abord un sol où les plantes pussent germer; il fallait des plantes pour nourrir les herbivores; il fallait des herbivores pour nourrir les carnassiers et l'homme; il fallait enfin que, non-seulement par leur respiration et par leurs excrétions diverses durant la vie, mais encore par leur putréfaction ou leur décomposition après la mort, les animaux et les plantes rendissent au règne minéral, incessamment et sous d'autres formes se rapprochant le plus possible de la forme élémentaire, les matériaux qu'ils en avaient reçus, matériaux propres à devenir les éléments de plantes nouvelles destinées elles-mêmes à nourrir de nouveaux animaux.

Ainsi tout se lie, tout s'enchaîne, et la mort elle-même sert à renouveler la vie suivant des lois éternelles.

En d'autres termes, sans le règne végétal pas de règne animal possible, puisque les herbivores périraient faute de plantes, et que les carnassiers à leur tour périraient faute d'herbivores. Aussi, dans l'ordre de la création, les végétaux paraissaient-ils avoir précédé les animaux : les recherches paléontologiques, faites au commencement de ce siècle, ont appris, en effet, qu'en se rapprochant des couches les plus anciennes de la terre, on trouve d'abord des *végétaux fossiles*, et postérieurement, dans les terrains de formation plus récente, des *animaux fossiles*.

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

FABRE. Choléra-morbus, Guide du médecin praticien dans la connaissance et le traitement de cette maladie, suivi d'un Dictionnaire de thérapeutique appliquée au choléra-morbus, et d'un Formulaire spécial. 1 vol. in-8 de 380 pages. 5 fr.

CL. BERNARD. Leçons sur les propriétés des tissus vivants faites à la Sorbonne pendant l'année 1864, rédigées par M. Émile Alglave. 1 fort vol. in-8, avec 94 figures dans le texte. 8 fr.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 47. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 21 OCTOBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 1 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

**Académie des sciences.**

UNIVERSITÉ DE BALE. — **Chimie physiologique.** — Cours de **M. Schoenbein** : Action de l'oxygène sur le sang.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : Peuplement de l'Amérique ; ses rapports avec l'Asie. — Relations de l'Europe avec le nouveau monde antérieurement aux découvertes de Christophe Colomb.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : Le chlore et ses composés.

Paris, 20 octobre 1865.

L'Académie des sciences n'a pas reçu lundi dernier un grand nombre de communications importantes. M. Frémy a présenté une note de M. Gall, relative à des combinaisons de l'acide cyanhydrique avec des hydracides et avec quelques éthers.

M. Dumas a donné lecture d'une lettre de M. Matteucci sur l'organe électrique des torpilles, organe qui agirait même à l'état de repos en l'absence de l'influence musculaire. M. Matteucci a répété, en outre, toutes les expériences indiquées dans le récent travail de M. Ch. Robin sur l'organe électrique des raies, et il est arrivé aux mêmes résultats que le savant professeur de la Faculté de médecine de Paris.

M. Pelouze a présenté un mémoire sur l'aventurine à base de chrome, et M. André Sanson une note relative à la variabilité des métis.

Signalons enfin plusieurs travaux sur le choléra et quelques notes relatives au même sujet présentées par M. Velpeau.

Ces dernières présentations inspirent à M. Le Verrier quelques réflexions fort judicieuses. Au lieu d'indiquer une foule de remèdes qui ne valent rien, il vaudrait bien mieux, dit-il, nous dire ce qu'il faudrait faire, si nous étions atteints par le fléau, en attendant l'arrivée du médecin. Il s'étonne ensuite du caractère des recherches qu'on apporte sur le choléra. Je ne doute pas, dit-il, qu'il ne se fasse des travaux plus scientifiques sur la nature intime de la maladie; mais je regrette qu'elles ne s'affirment pas en se produisant. Enfin, puisque nous avons le fléau parmi nous, je trouve que l'esprit de la population est maintenant assez élevé pour qu'on publie les chiffres officiels de la mortalité, au lieu de laisser subsister une incertitude qui prête aux plus fâcheuses exagérations.

M. Velpeau, que les paroles de M. Le Verrier paraissent avoir eu pour but de provoquer à parler, répond qu'il peut être dangereux d'indiquer officiellement un remède pour le choléra, parce qu'on n'est pas bien sûr qu'il y en ait d'efficace. D'ailleurs, ajoute-t-il, ce serait une erreur de croire que la maladie ne puisse guérir sans médecin et surtout sans remède ; il y a beaucoup de maladies qui guérissent ainsi sans le secours de l'art ou même *malgré* les médicaments administrés, et on conçoit dès lors la réserve qu'on doit mettre à publier des recettes qui peuvent être beaucoup plus nuisibles qu'utiles. M. Velpeau termine son allocution en affirmant que celui qui est sage et tempérant, mène une vie régulière à tous égards, se nourrit bien sans excès, et se trouve d'ailleurs dans de bonnes conditions hygiéniques, a les plus grandes chances pour ne pas être atteint du choléra. Cependant, si l'on éprouvait des symptômes inquiétants, on pourrait toujours prendre de deux à cinq gouttes de laudanum dans un verre d'eau et de six à dix gouttes en lavement : c'est là une médication provisoire qui, dans tous les cas, ne peut avoir d'inconvénient sérieux.

Les paroles de M. Velpeau sont sans doute rassurantes à bien des égards; mais ne peut-on pas s'étonner de ne



Digitized by Google

voir point paraître sur le choléra des travaux plus scientifiques, destinés à rechercher la nature de l'altération organique qui constitue cette maladie. On a sans doute étudié les circonstances qui favorisent la propagation du choléra, et M. Jules Worms lisait encore mardi dernier à l'Académie de médecine un intéressant mémoire sur ce sujet. Mais est-ce là tout ce qu'il faudrait faire et ne pourrait-on pas s'attaquer au mal lui-même? Voilà quatre fois déjà que le fléau nous visite depuis une trentaine d'années : les moyens d'observations n'ont donc point manqué. Malheureusement, la médecine actuelle est encore dominée par des tendances purement empiriques, et il est vivement à regretter que la médecine expérimentale n'ait pas encore fait assez de progrès parmi les praticiens pour leur inspirer l'idée d'étudier expérimentalement et scientifiquement la nature intime du mal et les conditions organiques de son développement, au lieu de chercher, sur des indications symptomatiques souvent fort vagues, des remèdes qu'ils ne peuvent guère trouver que par hasard. C'est pourtant à ce dernier parti que s'arrêtent l'immense majorité des médecins, et je parle des meilleurs. Il y a plus; nous avons depuis longtemps une commission destinée à étudier le choléra : a-t-elle produit quelques travaux sérieux? Il est permis d'en douter, quand on songe que le rapport qu'elle devait présenter relativement à l'épidémie de 1849, n'a pas encore été déposé sur le bureau de l'Académie de médecine. Émile Alglave.

---

## UNIVERSITÉ DE BALE.

## CHIMIE PHYSIOLOGIQUE.

### COURS DE M. SCHOENBEIN.

#### Action de l'oxygène sur le sang.

De nombreuses expériences m'ont conduit à admettre que l'oxygène ordinaire ne peut produire aucune oxydation sans avoir subi préalablement une modification allotropique. J'ai prouvé qu'il existe deux modifications opposées de l'oxygène, l'antozone ⊕ et l'ozone ⊖, qui naissent de l'oxygène ordinaire O, dans des conditions convenables. L'expérience nous a appris que l'ozone ⊖ oxyde à froid et directement un grand nombre de substances simples et composées. L'antozone ⊕ est, au contraire, chimiquement indifférent pour des substances très-facilement oxydables, telles que le phosphore, l'indigo réduit, l'acide pyrogallique, l'hématoxyline, etc.; mais il se combine très-bien avec l'eau, HO, pour former du peroxyde d'hydrogène $HO_2$; l'ozone ne se combine pas avec HO.

Une des manières de décomposer l'oxygène neutre O en ⊕ et en ⊖, c'est-à-dire de le polariser chimiquement, consiste à le mettre en contact avec une substance facilement oxydable par l'ozone ⊖ et avec de l'eau.

Je considère depuis longtemps la combustion lente du phosphore dans l'air atmosphérique humide comme le type de toutes les oxydations lentes qui se produisent dans l'air. Il faut chercher dans la polarisation chimique de l'oxygène neutre O l'explication de toutes les oxydations lentes qui paraissent se produire sous l'influence de cet oxygène. Dans toutes ces oxydations il se produit de l'eau oxygénée sans que pour cela il y ait nécessairement dégagement d'ozone libre. La formation de l'ozone libre à côté de l'eau oxygénée HO + ⊕, pendant la combustion lente du phosphore, est due, ainsi que je l'ai prouvé, à la volatilité de ce dernier. On a, en effet, reconnu qu'aucun corps ne peut donner de l'ozone libre pendant son oxydation lente, à moins d'être volatil à la température ordinaire ou à la température de l'ébullition de l'eau. Lorsqu'à une température ordinaire ou à une température un peu plus élevée on agite de l'amalgame de plomb avec de l'oxygène et de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, il se forme très-rapidement une quantité notable de peroxyde d'hydrogène sans qu'on puisse constater la plus faible trace d'ozone libre. Cela tient à ce que l'ozone ⊖, qui se développe sur le plomb, sert à oxyder ce métal, ainsi que l'indique la formation de sulfate de plomb qui accompagne cette réaction. On constate de même l'absence de l'ozone dans d'autres phénomènes d'oxydation dans lesquels il se développe de l'eau oxygénée lorsqu'on traite, par exemple, l'acide pyrogallique par une dissolution de potasse en présence de l'oxygène. A l'état solide, cet acide ne s'oxyde ni en présence de l'oxygène ordinaire O, ni en présence de l'antozone ⊕, libre ou combiné avec l'eau, à l'état de HO + ⊕; l'ozone ⊖ et ses combinaisons, les ozonides l'attaquent, au contraire, très-énergiquement et le transforment en matières brunes appelées matières ulmiques. Exposé au contact de l'oxygène ordinaire O, en présence de l'eau, l'acide pyrogallique subit une décomposition analogue; c'est pour cela qu'une dissolution d'acide pyrogallique brunit peu à peu quand on l'expose à l'air. L'addition d'un oxyde alcalin quelconque active considérablement cette décomposition. J'ai prouvé que cette oxydation est toujours accompagnée de la formation d'eau oxygénée; cette eau, HO + ⊕, n'a pas d'action oxydante sur l'acide pyrogallique. J'en conclus que l'oxygène neutre O est polarisé chimiquement en présence de l'acide pyrogallique et de l'eau, de même que dans l'oxydation lente du phosphore dans l'air humide. L'ozone ⊖, qui prend naissance, oxyde l'acide pyrogallique, tandis que l'antozone ⊕ se combine avec l'eau pour former de l'eau oxygénée HO + ⊕. L'essence de térébenthine présente des réactions tout aussi curieuses. D'après mes observations, elle décompose l'oxygène ordinaire en antozone ⊕ et en ozone ⊖; l'ozone transforme une partie de l'essence en résine, tandis que l'antozone se porte sur une autre partie avec laquelle il forme une combinaison qui, à son tour, peut le céder à d'autres substances, à l'acide sulfurique, par exemple.

Digitized by Google

Dans un grand nombre d'oxydations, il ne se forme ni ozone ni eau oxygénée à l'état libre; ces phénomènes semblent prouver que l'oxygène neutre peut produire directement des oxydations, ce qui serait contraire à ma théorie; mais je vais prouver dans la suite de ce travail que ce sont des circonstances accessoires qui empêchent la formation de l'ozone et de l'eau oxygénée à l'état libre pendant ces oxydations.

Les faits que je viens de décrire nous amènent à penser que les oxydations qui se produisent dans l'intérieur de l'organisme se font de la même manière que les oxydations lentes d'un grand nombre de substances organiques et inorganiques en présence de l'air humide. L'oxygène introduit dans le corps par la respiration y produit des oxydations; je crois que ces oxydations sont toujours précédées par la polarisation chimique de l'oxygène neutre. L'eau oxygénée se formant dans l'oxydation d'un grand nombre de corps, et sa présence suffisant pour indiquer la polarisation chimique de l'oxygène, j'ai recherché l'eau oxygénée et l'ozone dans le sang des animaux. Les recherches que j'ai entreprises dans ce but ne m'ont pas fait découvrir la moindre trace de l'une ou l'autre de ces substances, malgré les précautions que j'ai prises et la grande sensibilité des réactifs employés.

Ce résultat négatif, loin de me paraître en contradiction avec ma théorie, m'a fait supposer que des circonstances accessoires empêchent la formation de l'eau oxygénée ainsi que celle de l'ozone. Je vais examiner de plus près ces circonstances.

Dans mes recherches antérieures sur l'action de l'ozone sur les matières organiques, j'ai trouvé que le sang absorbe très-vite ce corps, que l'albumine, la fibrine et les globules du sang exercent isolément la même action sur lui. Ces substances subissent dans ces circonstances un changement notable dans leur constitution chimique, ainsi que l'ont prouvé mes expériences et les recherches très-intéressantes de MM. Hiss et Gorup.

Quant à l'action de l'eau oxygénée sur l'albumine en dissolution, il résulte de mes expériences que ces deux substances peuvent être très-longtemps en contact à la température ordinaire sans agir sensiblement l'une sur l'autre. Un mélange de ces substances, conservé pendant plusieurs mois, contenait toujours de l'eau oxygénée, et sa richesse en albumine n'avait pas changé.

Thénard a découvert la propriété curieuse que possède la fibrine du sang coagulé de décomposer $HO_2$ en eau et en oxygène ordinaire, sans s'oxyder elle-même d'une manière appréciable. La fibrine en dissolution dans le sang possède-t-elle cette même propriété? On ne peut l'affirmer avec certitude, car personne, que je sache, n'a encore réussi à obtenir la fibrine à l'état liquide en dehors de l'organisme.

D'après mes expériences, du sang frais soigneusement débarrassé de sa fibrine possède au plus haut degré la propriété de décomposer l'eau oxygénée en eau et en oxygène ordinaire; le dégagement abondant de gaz et la mousse qui se produisent immédiatement quand on mélange ces deux liquides, rendent d'ailleurs cette action visible. Si, à l'aide d'une disposition spéciale d'appareils, on recueille ce gaz et qu'on l'analyse, on trouve qu'il a toutes les propriétés de l'oxygène ordinaire. Il en résulte que le sang défibriné décompose le peroxyde d'hydrogène $HO_2$ de la même manière que le platine, c'est-à-dire en HO et O. Lorsqu'on ajoute à une certaine quantité de ce sang une quantité relativement petite d'eau oxygénée, on n'en trouve plus la moindre trace au bout de quelques secondes et le liquide restant possède la propriété de décomposer une nouvelle quantité d'eau oxygénée avec dégagement d'oxygène. Si l'on attend que cette nouvelle quantité d'eau oxygénée soit décomposée, ce qu'on reconnaît facilement à l'aide de l'empois d'amidon iodé et du sulfate de fer, on peut de nouveau ajouter de l'eau oxygénée et la voir disparaître au bout de fort peu de temps. On ne peut cependant continuer ainsi à l'infini; le sang perd peu à peu sa propriété de décomposer l'eau oxygénée, le liquide devient de plus en plus clair et ne tarde pas à être complétement incolore, en même temps qu'il devient incapable dedécomposer une nouvelle quantité de $HO_2$.

Les substances organiques contenues dans le sang défibriné sont, comme on sait, l'albumine et les globules sanguins. Comme l'albumine n'a pas d'action sur le peroxyde d'hydrogène, on peut admettre que ce sont les globules qui donnent au sang défibriné les propriétés décomposantes dont je viens de parler. Ce qui me confirme dans cette manière de voir, c'est que les globules débarrassés autant que possible de l'albumine, et même desséchés, décomposent l'eau oxygénée avec un vif dégagement d'oxygène neutre.

De plus, il résulte de ce qui précède que les globules sanguins se détruisent pendant que l'eau oxygénée se décompose; en effet, le sang est complétement décoloré au moment où il perd la propriété de décomposer $HO_2$. Ce qui le prouve encore mieux, c'est que le sang décoloré ne bleuit plus la teinture de gaïac en présence du peroxyde d'hydrogène. Les globules du sang produisent avec la teinture de gaïac additionnée d'eau oxygénée, une coloration bleue tellement caractéristique qu'on peut reconnaître de cette manière des traces excessivement petites de ces globules. De l'eau colorée par du sang défibriné, de manière à présenter une teinte rouge à peine visible, bleuit notablement, et au bout de fort peu de temps, la teinture de gaïac additionnée d'eau oxygénée. Je recommande ce réactif, le plus sensible que je connaisse, à l'attention des physiologistes et à ceux qui s'occupent des applications de la chimie à la médecine légale. Le fait suivant pourra donner une idée de la quantité considérable d'eau oxygénée qui peut être décomposée par les globules du sang; 1 gramme de sang frais défibriné a décomposé, à la température de sept degrés, en douze ou quinze minutes, l'eau oxygénée prove-

Digitized by Google

nant de 5 grammes de $BaO_2$ et contenue dans 100 grammes d'eau. Le liquide restant n'avait pas entièrement perdu la propriété de décomposer le peroxyde d'hydrogène, et les globules qu'il renfermait primitivement n'étaient pas tous détruits. La teinte encore rougeâtre du liquide indiquait leur présence; on pouvait, du reste, la constater très-nettement à l'aide de la teinture de gaïac additionnée d'eau oxygénée qui bleuissait quand on y ajoutait une certaine quantité de ce liquide. Pour lui enlever entièrement sa propriété de décomposer $HO_2$ ou de bleuir la teinture de gaïac, il fallait y ajouter une nouvelle quantité d'eau oxygénée égale à celle qu'on y avait déjà ajoutée; inutile de dire que cette eau oxygénée se décomposait beaucoup plus lentement que la première. On voit qu'en somme les globules sanguins contenus dans 1 gramme de sang défibriné ont décomposé 2 grammes de peroxyde d'hydrogène pur, quantité énorme relativement au faible poids de la matière organique qui a produit la décomposition.

Je vais citer un autre fait très-curieux : pendant la réaction de l'eau oxygénée sur le sang défibriné il se forme une matière blanche floconneuse qui a toutes les propriétés d'une substance albuminoïde et qui, de plus, possède celle de décomposer, d'une manière, appréciable, l'eau oxygénée sans éprouver de modification, ou du moins pas de modification appréciable. Cette dernière circonstance tend à faire supposer que cette matière se rapproche beaucoup de la fibrine coagulée du sang, si elle ne lui est pas identique, et qu'elle provient des globules sanguins détruits par $HO_2$; c'est aux physiologistes à nous faire connaître davantage cette substance. La présence de cette substance donne au sang complétement décoloré par $HO_2$ la propriété de décomposer encore sensiblement l'eau oxygénée; si l'on enlève cette matière blanche en filtrant le liquide, celui-ci ne décompose plus $HO_2$. Mais si le liquide filtré, quoique clair, n'est pas entièrement décoloré, s'il a une teinte excessivement faible de brun ou de jaune, il décompose une nouvelle quantité de peroxyde d'hydrogène et se trouble sensiblement. Il faut toutefois ajouter que la substance analogue à la fibrine perd peu à peu la propriété de décomposer l'eau oxygénée et se modifie de manière à pouvoir rester des journées entières en contact avec $HO_2$ sans en décomposer des traces appréciables. Dans cet état, elle se montre aussi inactive en présence de $HO_2$ que le blanc d'œuf liquide ou coagulé. D'après mes expériences, la fibrine perd aussi, à la longue, sa propriété de décomposer $HO_2$.

Il se fait certainement dans le sang une série continue d'oxydations comparables à celles que subissent une foule de corps organiques et inorganiques sous l'influence de l'oxygène atmosphérique à la température ordinaire et en présence de l'eau; si nous ne trouvons dans le sang ni ozone ⊖, ni antozone ⊕ combiné avec l'eau ($HO_2$), en quantités appréciables, nous pouvons nous expliquer leur absence à l'aide des faits précédents. L'albumine, la fibrine et les globules du sang mis isolément en présence de l'ozone, s'en emparent avec plus ou moins d'avidité; on comprend donc que si l'oxygène neutre O se scinde dans le sang en ⊕ et ⊖, cet ozone ⊖ produit immédiatement des oxydations et disparaît au fur et à mesure qu'il se forme sans qu'on puisse le constater à l'état de liberté dans le sang. Quant à l'antozone correspondant ⊕, il est décomposé par les globules du sang au moment même où il se combine avec l'eau pour former $HO_2$. Si la fibrine en dissolution dans le sang se comporte, en présence de l'eau oxygénée, comme la fibrine coagulée, elle hâte encore la décomposition du peroxyde d'hydrogène. Il est donc tout aussi impossible de trouver de l'eau oxygénée que de l'ozone libre dans le sang, quand bien même ces deux substances naîtraient continuellement de l'oxygène neutre inspiré.

La propriété que possèdent les globules du sang de décomposer aussi énergiquement le peroxyde d'hydrogène et de se transformer ainsi en une matière fibrineuse, mérite, à mon avis, d'appeler l'attention des physiologistes; ceux-ci ont depuis longtemps attribué à ces globules un rôle important, quoique encore indéterminé dans la respiration.

Si l'on considère de plus que, de toutes les matières animales connues, les globules du sang et la fibrine coagulée sont les seules qui aient la propriété de décomposer l'eau oxygénée de la même manière que le platine, et que ces deux substances forment, avec l'albumine, la totalité des matières organiques contenues dans le sang, on peut difficilement regarder cette propriété décomposante des globules comme une propriété accidentelle, sans aucun rapport avec le rôle physiologique qu'ils sont destinés à jouer dans l'organisme.

Si pendant la respiration il ne se formait pas de peroxyde d'hydrogène, on ne saurait pas pourquoi les globules du sang auraient la propriété de décomposer cette substance. Si, au contraire, partant de l'hypothèse que tant d'analogies m'ont conduit à faire, on admet que l'oxygène neutre se décompose à son entrée dans le sang, en ⊕ et en ⊖ et donne ainsi naissance au peroxyde d'hydrogène, on voit facilement pourquoi les globules du sang possèdent à un si haut degré la propriété de décomposer $HO_2$.

L'expérience nous a appris que l'eau oxygénée est indifférente pour l'albumine comme pour beaucoup d'autres matières organiques; il en résulte que la partie de l'oxygène inspiré O, qui se transforme en ⊕ et se combine avec HO pour former $HO_2$, serait inutile dans l'organisme si cet antozone combiné avec l'eau ne subissait pas des modifications qui le rendent propre à remplir un rôle chimique et physiologique, c'est-à-dire s'il ne devenait pas propre à produire des oxydations. A mon avis, ce sont les globules du sang qui sont principalement chargés de ce rôle important, et leur propriété de décomposer l'eau oxygénée, comme le platine, les rend seuls

Digitized by Google

capables de modifier convenablement l'antozone ⊕, combiné avec l'eau dans $HO_2$.

L'importance théorique de ces questions et la nouveauté de mes vues sur le but principal des globules sanguins me forcent de traiter ce sujet de chimie physiologique avec toute l'étendue nécessaire pour le faire bien comprendre; mieux vaut être un peu plus long et clair, que d'être trop concis et obscur.

Il résulte des expériences citées plus haut que les globules du sang subissent une modification chimique lorsqu'ils décomposent le peroxyde d'hydrogène artificiel; cette modification provient sans doute de ce qu'ils s'emparent d'une partie de l'oxygène de cette substance. Mais si, comme je l'ai dit, l'⊕ de HO n'oxyde pas l'albumine liquide ou solide, il est très-peu probable que cet antozone puisse oxyder les globules du sang. Par quoi cette oxydation est-elle donc produite? Pour résoudre cette question, je suis obligé de revenir à l'explication que j'ai donnée déjà, il y a quelques années, de la décomposition de l'eau oxygénée en oxygène ordinaire et en eau.

L'ozone, soit à l'état libre, soit à l'état de combinaison, comme il existe, par exemple, dans le peroxyde de plomb, le peroxyde de manganèse, le permanganate de potasse, etc., forme très-facilement avec la teinture de gaïac une combinaison d'un bleu foncé; l'antozone ⊕ combiné avec l'eau, l'essence de térébenthine, etc., se montre entièrement indifférent pour cette teinture et ne la bleuit pas. Mais si l'on ajoute à la teinture de gaïac additionnée de $HO_2$ une très-petite quantité de mousse de platine privée d'air et conservée pour cela sous l'alcool, on voit la teinture se colorer très-profondément, de même qu'elle se colore sous l'influence du peroxyde de plomb, du peroxyde de manganèse, de l'acide permanganique ou d'autres combinaisons oxygénées auxquelles j'ai donné le nom d'ozonides.

Mes expériences ont montré de plus que l'acide pyrogallique solide est oxydé, même à froid, par l'oxygène ozonisé libre, et se transforme en certaines substances très-colorées connues sous le nom de matières ulmiques. Si l'action de l'ozone ⊖ persiste, il se brûle entièrement, et c'est pour cette raison que l'acide pyrogallique est un des réactifs les plus sensibles de l'ozone. L'expérience a prouvé que toutes les combinaisons oxygénées qui bleuissent la teinture de gaïac colorent aussi en brun la solution aqueuse de l'acide pyrogallique.

J'ai démontré que le peroxyde d'hydrogène peut dissoudre l'acide pyrogallique sans provoquer la moindre oxydation de cette substance ordinairement si facilement oxydable; la dissolution reste constamment incolore, ce qui prouve bien l'indifférence des deux substances l'une pour l'autre. Mais si l'on ajoute à cette dissolution de légères traces de noir de platine, on la voit brunir très-rapidement, de même que cela arrive pour la dissolution aqueuse de l'acide pyrogallique quand on la met en présence de l'ozone libre ou d'un ozonide, comme le peroxyde de plomb, l'acide permanganique, etc. Je crois pouvoir conclure de ces expériences que, sous l'influence de contact du platine, l'antozone ⊕ du peroxyde d'hydrogène se transforme en ozone ⊖, et que c'est celui-ci qui produit la coloration bleue de la teinture de gaïac et la coloration brune de la dissolution de l'acide pyrogallique.

Mais si le platine possède la propriété de communiquer à l'antozone ⊕ du peroxyde d'hydrogène, l'activité chimique de l'ozone ⊕, c'est-à-dire s'il peut changer ⊕ en ⊖, il faut que ce platine possède aussi la propriété de changer HO + ⊕ en eau et en oxygène neutre; mes expériences ont prouvé que l'ozone libre et les ozonides, par exemple, le peroxyde de plomb et l'acide permanganique, produisent cette décomposition. Lorsque, en effet, une molécule d'⊕ appartenant à une molécule de peroxyde d'hydrogène en contact avec le platine, sera transformée en ⊖, cette nouvelle molécule se combinera à l'⊕ de la molécule d'eau oxygénée la plus voisine, pour former de l'oxygène neutre O qui, ne pouvant plus rester en combinaison avec HO, s'échappera du liquide par suite de son état gazeux. Comme l'ozone libre ⊖ ne peut pas se combiner directement avec le platine, on comprend que celui-ci ne subisse aucune oxydation et ne s'altère pas chimiquement pendant la décomposition du peroxyde d'hydrogène.

J'ai déjà montré plus haut que les corpuscules du sang possèdent à un très-haut degré la propriété de bleuir la teinture de gaïac additionnée d'eau oxygénée, et qu'ils brunissent la dissolution incolore d'acide pyrogallique renfermant $HO_2$. De ces faits je conclus que les globules sanguins possèdent, comme le platine, la propriété de transformer l'antozone ⊕ du peroxyde d'hydrogène en ⊖; comme les corpuscules du sang décomposent aussi $HO_2$ en eau et en oxygène neutre, je suis conduit tout naturellement à expliquer ce phénomène de la même manière que la décomposition de $HO_2$ par le platine. Il y a toutefois entre le métal et les globules cette grande différence que le platine est tout à fait indifférent pour l'ozone ⊖, tandis que les globules se décomposent facilement sous son influence. Il n'est donc pas étonnant que ces globules subissent une transformation chimique pendant qu'ils décomposent le peroxyde d'hydrogène; cela paraît encore moins extraordinaire quand on remarque qu'en transformant l'antozone ⊕ de HO + ⊕ en ⊖ ils peuvent produire, outre leur propre oxydation, celle d'autres substances organiques; par exemple, celle de la résine de gaïac et celle de l'acide pyrogallique.

On sait que dans l'organisme animal il y a toujours une certaine quantité de globules sanguins en voie de formation pendant que d'autres se détruisent; je regarde comme très-probable leur destruction par oxydation. Si, conformément à mon hypothèse, la respiration donne lieu à une formation continue de peroxyde d'hydrogène dans le sang, les globules doivent être modifiés par

Digitized by Google

ce peroxyde d'hydrogène, comme ils le sont par l'eau oxygénée artificielle. En d'autres termes, les globules sanguins en transformant l'antozone ⊕ du peroxyde d'hydrogène qui prend naissance dans le sang, en ozone ⊖, déterminent leur propre oxydation, se changent en une autre substance albuminoïde (fibrine?) et accomplissent peut-être ainsi la partie la plus importante de leur rôle physiologique. Cependant il est probable que sous l'influence des globules sanguins il se produit d'autres oxydations, comme celle de l'albumine, celle de certains tissus, etc. Car si ces globules peuvent rendre l'oxygène positif ⊕ de l'eau oxygénée propre à oxyder la résine de gaïac et l'acide pyrogallique, on peut difficilement supposer que ce soient là les seules substances organiques qui puissent subir un changement analogue dans les mêmes conditions. Les globules du sang pourraient encore agir d'une troisième manière. Si, par exemple, tout l'antozone du peroxyde d'hydrogène contenu dans le sang n'était pas employé à oxyder les globules qui le transforment en ozone, ainsi que d'autres matières organiques, s'il restait un excès d'ozone, celui-ci se combinerait avec une partie de l'antozone ⊕ de l'eau oxygénée non décomposée, pour former de l'oxygène neutre O. Celui-ci pourrait, à son tour, se décomposer en ⊕ et ⊖, comme l'oxygène inspiré, et devenir ainsi propre à produire de nouvelles oxydations. Mais comme la quantité d'eau oxygénée qui existe en un moment donné dans un endroit déterminé de l'organisme doit être très-petite par rapport à celle des globules sanguins, il est probable que cette combinaison de ⊕ avec ⊖ n'a jamais lieu ou ne se fait qu'en faible proportion dans l'organisme.

Si, ainsi qu'il résulte des explications qui précèdent, je rapporte les oxydations qui se passent dans le corps animal à la transformation de l'oxygène neutre inspiré O, en ⊕ et ⊖, on doit se demander sous l'influence de quelles parties du sang cette transformation a lieu. Dans mon mémoire « *sur la formation du peroxyde d'hydrogène à des températures élevées,* » et dans d'autres mémoires, j'ai fait remarquer que la condition la plus essentielle à la polarisation chimique de l'oxygène neutre était la présence de deux matières dont l'une a de l'affinité pour l'antozone ⊕ et l'autre pour l'ozone ⊖. Mais un grand nombre de mes dernières expériences ont démontré que l'eau est la substance qui a la plus grande affinité pour l'antozone avec laquelle elle forme le peroxyde d'hydrogène. On sait aussi qu'une foule de substances organiques et inorganiques s'emparent très-avidement, et même à froid, de l'ozone ⊖ et s'oxydent par son influence. C'est, à mon avis, de cette manière que se produisent un assez grand nombre d'oxydations qui se font à la température ordinaire, en présence de l'eau, avec formation d'eau oxygénée et qui paraissent être dues à l'oxygène neutre.

Les substances organiques qui constituent principalement le sang : l'albumine, la fibrine et les corpuscules sanguins se rangent, ainsi que je l'ai déjà dit, parmi les matières qui absorbent avec plus ou moins d'avidité l'ozone ⊖ préparé artificiellement; comme d'ailleurs l'eau ne fait pas défaut dans le sang, on voit que ce liquide présente les conditions essentielles à la transformation de l'oxygène neutre en ⊕ et en ⊖. Mais il résulte de mes expériences que les globules s'emparent incomparablement plus vite de l'ozone et s'oxydent plus rapidement que l'albumine et la fibrine; je suis donc conduit à admettre que ce sont eux qui en présence de l'eau, transformant l'oxygène inspiré O en ⊕ et ⊖.

J'ai comparé, il y a déjà plusieurs années, la combustion lente du phosphore dans l'air, à la respiration d'un animal, en ce qui concerne les modifications que subit dans ces circonstances l'oxygène agissant. Les résultats de mes dernières recherches sur les oxydations des substances organiques et inorganiques dans l'air humide n'ont fait que me confirmer dans ma première manière de voir. Le phosphore s'oxyde, en effet, déjà aux températures les plus basses sous l'influence de l'ozone, tandis que l'oxygène neutre O ne peut pas se combiner avec lui dans les mêmes conditions. Pour employer le langage ordinaire de la chimie, le phosphore a une grande affinité pour l'oxygène ozonisé, tandis qu'il n'en a aucune pour l'oxygène ordinaire.

L'eau, également indifférente pour l'oxygène neutre O, se fait remarquer par sa grande tendance à former du peroxyde d'hydrogène avec l'antozone ⊕. C'est pour cela que l'eau agit avec le phosphore avide d'ozone, pour transformer ou plutôt pour décomposer l'oxygène neutre O en ozone ⊖ et en antozone ⊕; par suite de cette décomposition, l'antozone se combine avec l'eau pour former du peroxyde d'hydrogène, l'ozone se porte sur le phosphore pour former $PO_3$ et $PO_5$ en même temps qu'il se produit de l'ozone libre.

Les matières oxydables du sang et surtout les globules, peuvent être comparés au phosphore pour leur propriété de polariser l'oxygène; on comprendra donc pourquoi j'attribue à l'eau, dans le sang, le même rôle que dans l'oxydation lente du phosphore. Si ce dernier corps ou les acides qui en dérivent possédaient, comme le platine et les globules sanguins, la propriété de changer en ozone ⊖ l'antozone ⊕ du peroxyde d'hydrogène qui prend naissance pendant la combustion lente du phosphore, nous ne trouverions pas plus de peroxyde d'hydrogène dans l'eau qui entoure ce corps, que nous n'en trouvons dans le sang.

S'il y avait dans l'organisme animal, à côté des globules sanguins, d'autres substances, des tissus, par exemple, agissant comme le platine sur l'eau oxygénée, il résulterait de ce qui précède que ces tissus donneraient lieu aux mêmes effets physiologiques que les globules; il se produirait donc des oxydations dans d'autres parties du corps; on connaît un certain nombre de faits qui justifient cette hypothèse.

Lorsqu'on laisse tomber quelques gouttes de sous-

Digitized by Google

acétate de plomb dans une quantité relativement grande d'eau oxygénée, il se forme d'abord du peroxyde de plomb qui agit immédiatement sur l'eau oxygénée non encore détruite, la réduit à l'état d'eau HO et se réduit lui-même à l'état de protoxyde PbO; il y a évidemment dégagement d'oxygène neutre. Je considère le peroxyde de plomb comme une combinaison d'ozone et de protoxyde de plomb $PbO + \ominus$, et l'eau oxygénée comme une combinaison d'eau et d'antozone $HO + \oplus$; j'admets, par suite, que dans les circonstances que je viens d'indiquer l'antozone $\oplus$ d'une partie du peroxyde d'hydrogène libre se transforme en $\ominus$ qui forme du peroxyde de plomb avec une partie de la base du sel de plomb. Mais le peroxyde de plomb est un ozonide et ne peut pas exister en présence d'un antozonide $HO_2$; l'ozone de l'un et l'antozone de l'autre se combinent pour former de l'oxygène neutre, pendant que les deux peroxydes se réduisent à l'état d'eau HO et de protoxyde de plomb PbO. Mais si le sous-acétate de plomb possède la propriété de changer l'antozone $\oplus$ du peroxyde d'hydrogène en $\ominus$, il en résulte naturellement que ce même sous-acétate doit aussi bleuir la teinture de gaïac additionnée de HO; c'est, en effet, ce qui a lieu.

L'oxydation du bleu d'indigo dissous dans l'acide sulfurique et sa transformation en isatine, sous l'influence de l'ozone libre $\ominus$ ou des ozonides comme, par exemple, $PbO + \ominus$, $Mn_2O_2 + 5\ominus$, etc., sont des faits bien connus; nous savons, d'un autre côté, que la teinture d'indigo est décomposée très-lentement par $HO + \oplus$. Mais si l'on ajoute à de l'eau oxygénée colorée par la teinture d'indigo de petites quantités de sous-acétate de plomb, le mélange se décolore instantanément.

L'eau oxygénée très-étendue d'eau est incapable de bleuir seule un mélange d'empois d'amidon et d'iodure de potassium, tandis que l'oxygène ozonisé ou les ozonides, tels que le peroxyde de plomb et l'acide permanganique, produisent cette coloration immédiatement et d'une manière très-frappante. Si dans un mélange incolore de peroxyde d'hydrogène, d'empois d'amidon et d'iodure de potassium on fait tomber une seule goutte de sous-acétate de plomb, le mélange devient immédiatement d'un bleu très-foncé; aussi l'empois d'amidon imprégné d'iodure de potassium donne-t-il, quand on le mélange avec une dissolution d'acétate basique de plomb, un des réactifs les plus sensibles de l'eau oxygénée.

Lorsqu'on mélange une dissolution de sel de protoxyde de fer, par exemple, une dissolution de sulfate de protoxyde de fer, avec une quantité suffisante d'eau oxygénée, la base du sel se transforme en peroxyde dont une partie se précipite à l'état de sel basique. D'après mes expériences, les sels de peroxyde de fer produisent de nombreuses oxydations auxquelles l'ozone libre et les ozonides donnent seuls naissance; ainsi ils bleuissent la teinture de Gaïac. De plus, le peroxyde d'hydrogène peut, dans des conditions favorables, réduire le peroxyde de fer à l'état de protoxyde; lorsqu'on fait, par exemple, agir $HO_2$ sur un mélange d'une dissolution d'un sel de peroxyde de fer et de ferrocyanure de potassium, cette réduction s'accomplit avec dégagement d'oxygène neutre et formation d'un précipité de bleu de Prusse. De tous ces faits je conclus que le troisième équivalent d'oxygène du peroxyde de fer est de l'ozone $\ominus$, et, par suite, que le protoxyde de fer, même à l'état de combinaison avec un acide, a la propriété de changer l'antozone $\oplus$ du peroxyde d'hydrogène en ozone O. L'exactitude de cette conclusion est confirmée par les faits suivants : la teinture de gaïac contenant du peroxyde d'hydrogène et l'empois d'amidon imprégné d'iodure de potassium et mélangé avec de l'eau oxygénée, sont instantanément colorés par les traces les plus faibles de sulfate de protoxyde de fer en dissolution; de même le peroxyde d'hydrogène coloré en bleu par du sulfate d'indigo se décolore immédiatement sous l'influence de la dissolution de sulfate de fer.

Si l'on compare maintenant les réactions précédentes du sous-acétate de plomb et des sels de protoxyde de fer avec celles que produisent dans les mêmes circonstances les globules du sang, on est frappé de leur concordance. J'ajouterai qu'il résulte de mes recherches antérieures que les corpuscules du sang agissent de la même manière sur la teinture d'indigo additionnée de $HO_2$ et sur l'empois d'amidon contenant ce même peroxyde en présence de l'iodure de potassium.

Je ferai remarquer, en terminant, que j'ai publié ce travail principalement dans le but d'appeler l'attention des physiologistes sur un sujet qui, à mon avis, doit présenter un certain intérêt pour eux, et dont un chimiste ne peut pousser plus loin l'étude sans leur concours, faute de connaissances physiologiques nécessaires; j'avoue franchement que je me trouve dans ce cas.

Traduit sur le texte allemand de Schœnbein, par Feltz, préparateur de physique au Collége de France.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES

(de l'Institut).

XIII.

**Peuplement de l'Amérique; rapports avec l'Asie.**

En commençant, dans notre dernière séance, l'étude du peuplement de l'Amérique, nous avons fait remarquer que le problème était tout autre ici qu'en Polynésie, car, au lieu de nous trouver en face d'une race unique, nous y avons rencontré à l'état de pureté les trois types de l'ancien continent et

(1) Voy. les nos 33, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44 et 45.

Digitized by Google

des races mixtes en grand nombre. Cette multiplicité des races américaines a été niée par Morton et Agassiz, qui établit dans sa classification un règne à part pour l'Amérique et lui assigne comme type caractéristique la Peau-Rouge. Cependant nous avons démontré par des faits l'existence, lors de la conquête et de nos jours encore, de populations sauvages blanches, noires et jaunes. Les populations blanches vivent surtout au nord-ouest, mais se rencontrent aussi aux îles du Mexique et au Pérou. La race noire s'est rencontrée dans l'isthme de Darien, là où vient aboutir le grand courant équatorial de l'Atlantique, et, sans parler des habitants des régions boréales, les Botocudos de l'Amérique du Sud nous ont fourni la preuve de l'existence dans ce pays de la race jaune.

Nous avons vu enfin que l'homme à peau rouge, dont on a voulu faire l'homme américain par excellence, ne lui est pas propre exclusivement; qu'on le trouve encore en Afrique, de l'Abyssinie au Sénégal, en Polynésie, en Corée, à Formose. Nous avons vu que Fitz-Roy fut plusieurs fois témoin de sa production à la Nouvelle-Zélande et ailleurs par des croisements entre Européens et Polynésiens.

En résumé, nous n'avons trouvé en Amérique que des races humaines appartenant aux types de l'ancien continent. L'homme est semblable dans ces deux régions, si différentes pourtant au point de vue de la faune. Donc, rien en Amérique n'est neuf et exceptionnel quand on étudie l'homme et quand on le compare à l'homme de l'ancien monde; les différences s'accentuent quand on compare les animaux, et d'autant plus que les espèces sont plus élevées. La conséquence qu'on en doit tirer, c'est que l'Amérique a bien réellement sa population végétale et animale, mais que sa population humaine lui est venue d'ailleurs.

Nous avons montré que le passage de l'ancien au nouveau continent est facile. Voyons si nous trouverons des faits montrant ces relations entre les deux mondes, et indiquant le passage en Amérique de l'homme asiatique et européen avant la conquête.

Commençons par l'ouest. Nous savons que, de ce côté, l'Amérique est séparée de l'Asie par le détroit de Behring, et que les îles Aléoutiennes semblent relier ces deux continents. Ici les faits abondent, et ils ont été groupés dans le rapport que fit Maury, consulté sur la question de savoir si le passage était facile par ce côté.

Maury affirme qu'il n'est pas nécessaire, pour faire cette traversée, d'avoir de puissants bateaux à vapeur; que ces mers sont fort calmes, et qu'un tronc d'arbre suffit pour passer d'un continent à l'autre. Il nous apprend encore que les peuples de ces contrées sont très-navigateurs, préfèrent monter sur leurs canots et tourner une île que de la traverser. Un rameau d'arbre remplace pour eux les voiles, un morceau de bois leur sert de gouvernail, et c'est sur de pareilles barques qu'ils se mettent en mer avec leur famille. Le capitaine Bay, commandant un baleinier, a vu en 1855 ou 1856 des indigènes passer ainsi d'un continent à l'autre.

Un fait important, et relatif à tout un peuple, nous est fourni par les Tchuktchis, qui habitent les deux côtés de l'Océan. En Asie, on les trouve sur toute la presqu'île terminale et les bords du détroit de Behring; en Amérique, on les rencontre un peu plus bas, jusqu'aux îles Aléoutiennes, séparés ainsi de leurs frères d'Asie par des Esquimaux purs. Mais les Tchuktchis asiatiques habitaient aussi plus au sud jadis. Chassés par les Russes, ils remontèrent plus tard vers le nord, exterminèrent les Yukagiris et s'établirent à leur place. Ces deux populations sont identiques sous tous rapports: mêmes caractères physiques et mêmes mœurs; ils se donnent le même nom et trafiquent entre eux. L'une d'elles a, évidemment, dû franchir la mer pour qu'on retrouve aujourd'hui le peuple scindé ainsi sur deux continents.

Donc, les faits attestent la réalité des migrations par le nord-ouest.

Il faut maintenant se demander si le courant de Tessan de l'océan Pacifique, le Kouro-Sivo (fleuve Noir) des Japonais, n'a pas favorisé le peuplement de l'Amérique en apportant des hommes des contrées qu'il traverse. Il est constant que ce courant pousse en Amérique les corps flottants. Ceci ressort du témoignage de Morton lui-même, qui raconte qu'en 1833 une jonque japonnaise chargée de marchandises, après avoir été abandonnée en mer, fut jetée par les flots sur les côtes d'Amérique. Il a vu des porcelaines qui en provenaient, et il ajoute que « de pareils accidents ont bien pu avoir lieu dans les anciennes périodes de l'histoire américaine. »

Hamilton Smith raconte, de son côté, qu'un navire anglais trouva, à deux jours de la Californie, une jonque japonnaise qui avait été désemparée et poussée là. On recueillit l'équipage à bord et on le transporta au Japon.

Ainsi la dissémination involontaire a dû jouer aussi son rôle de ce côté de l'Amérique.

Mais il y a plus : un fait capital et qu'il ne faut pas oublier, c'est que des relations volontaires, des communications régulières existaient, bien avant la découverte de Christophe Colomb, entre les Asiatiques et les Américains. Ce fait important d'histoire et d'anthropologie a été découvert par de Guignes, savant orientaliste mort en 1800. Il publia en 1761 un mémoire intitulé : *Recherches sur les navigations des Chinois du côté de l'Amérique*. Dans ce mémoire, il révéla à l'Europe ce que lui avait appris une longue étude des livres chinois. Ces livres parlent d'un pays de Fou-Sang, placé à l'est de la Chine, au delà des mers et à des distances qui le reportent bien loin des limites de l'Asie. Ce pays n'a pas de fer, mais du cuivre, de l'or, de l'argent, des vignes et des chevaux. A l'est du Fou-Sang est encore un autre pays nommé *pays des femmes*, que l'imagination de l'auteur chinois ornait des conceptions les plus fabuleuses. De Guignes crut pouvoir conclure de tous ces documents que le Fou-Sang était l'Amérique et le *pays des femmes* une des contrées de ce continent. Il s'appuyait, d'ailleurs, sur des cartes de ces régions dressées bien antérieurement à Christophe Colomb.

Cette découverte de de Guignes fut accueillie avec beaucoup de défiance et même de répugnance. L'opinion publique était tellement habituée à considérer Christophe Colomb comme ayant mis pied le premier sur la terre américaine, l'orgueil européen se trouvait tellement humilié de cette découverte qu'il y eut de toutes parts des récriminations contre celui qui apportait la contradiction. Ici, comme toujours en pareille circonstance, il y eut un homme qui se fit le champion du sentiment général et joignit la discussion aux répugnances vagues du public : ce fut Klaproth, orientaliste prussien très-érudit, qui se chargea de ce soin, et il finit par faire considérer comme mal fondée l'importante découverte de de Guignes.

Klaproth soutint que le Fou-Sang était le Japon, et il s'appuyait, pour le démontrer, sur les fables relatives au

Digitized by Google

Pays des femmes. Il niait que les Chinois eussent pu mesurer la distance et soutenait que la précision même des chiffres qu'ils donnent condamne l'opinion de de Guignes. Mais nous savons que les Chinois ont, depuis les temps les plus reculés, des notions astronomiques suffisantes pour déterminer approximativement la distance des continents. Sans doute, ces mesures ne peuvent avoir été faites avec notre rigueur scientifique; mais cette rigueur moderne n'est-elle pas toute récente? Nos connaissances au moyen âge étaient moins avancées que celles des Chinois; mais de ce qu'il y a des erreurs dans les évaluations et les cartes de cette époque, en faut-il conclure contre l'existence des pays qui y sont mal indiqués?

Klaproth tire un argument en faveur de sa thèse, de ce que la tradition chinoise parle de vignes et de chevaux existant dans ce pays de Fou-Sang, et affirme que la vigne et les chevaux ont été importés en Amérique par les Européens. En ce qui concerne la vigne, nous savons qu'il y en a plusieurs espèces; que les Scandinaves ont trouvé dans ce continent une contrée à vignobles qu'ils ont, pour cette raison, nommée Vinland. Quant aux chevaux, il est probable que les Chinois ont désigné ainsi le lama; cette confusion n'a rien qui doive nous étonner, car il est d'usage d'appliquer aux choses nouvelles les noms des choses anciennes qui s'en rapprochent le plus. C'est ainsi qu'en Amérique même les Européens, se trouvant en face d'espèces animales nouvelles, leur ont donné les noms des espèces connues de l'ancien continent avec lesquelles elles avaient quelque analogie. Ils ont, par suite, confondu le puma avec le lion, le jaguar avec le tigre, le bison avec la vache. Est-il dès lors étonnant que les Chinois aient appelé cheval le lama, auquel les Américains faisaient porter des fardeaux? M. de Paravey a, d'ailleurs, trouvé dans un livre chinois un dessin représentant une femme trayant un lama.

Telles sont les objections de Klaproth, qui, du reste, n'aborde pas le grand fait, le grand argument de de Guignes, à savoir que le sol de ce pays de Fou-Sang ne renferme pas de fer, mais beaucoup d'argent, d'or et de cuivre. C'est là cependant le point fondamental, qui exclut complétement de la pensée le Japon, où l'on a de tout temps connu le fer, et que Klaproth soutient être le Fou-Sang des traditions chinoises.

M. de Paravey, qui, dans ce débat, a défendu l'opinion de de Guignes contre les attaques de M. Klaproth, a apporté un argument géographique auquel Dumont d'Urville a reconnu une grande valeur. Le livre chinois apprend que de Pékin en Perse il y a 15 000 lys, autant de Pékin au Kamchatka; de Pékin au Fou-Sang, il y a un tiers en sus, soit 20 000 lys. Or, si l'on ajoute un tiers à la distance qui sépare la Perse de la capitale du Japon et qu'on reporte cette mesure vers l'est, on tombe précisément dans le voisinage de cette côte occidentale de l'Amérique où se retrouvent des races blanches et des traces d'industries japonnaises.

Le même auteur a cité, à l'appui de sa thèse, un texte qui montre nettement les relations qui existaient entre la Chine et le Fou-Sang, en même temps qu'une des causes de ces relations : « Autrefois, dit Hoei-Chin, la religion de Bouddha n'existait pas dans ce pays; mais, sous les Song (458 de notre ère), cinq *pi-kieou*, ou religieux au pays de Ki-lin, allèrent au Fou-Sang, apportèrent avec eux les livres, les images saintes, le rituel, et instituèrent les habitudes monastiques. » Voilà donc des missionnaires partant de la Chine pour aller porter la religion de Bouddha dans un pays que l'on connaissait évidemment avant cette époque. On a, du reste, retrouvé dans les temples du Yucatan des statues asiatiques rappelant le Bouddha; aussi M. de Paravey a-t-il considéré ce lieu comme le centre du Fou-Sang connu des Chinois.

Les travaux récents de M. d'Eichthal sur les antiquités du Mexique ont pleinement confirmé les idées de M. de Paravey. Il se trouve des preuves incontestables de la présence ancienne du bouddhisme en cette contrée. Le professeur lui-même a pu voir et comparer des figures recueillies dans l'Inde et le Japon, avec d'autres figures provenant du Mexique et du Yucatan; ces figures, que M. d'Eichthal invoquait à l'appui de son opinion, lui ont paru être un argument irréfutable. On retrouve, d'ailleurs, en Chine et en Amérique, des légendes et des noms de divinités identiques.

Ces faits démontrent donc les antiques relations des deux peuples. Mais ce n'est pas seulement aux livres chinois qu'on peut demander la démonstration du fait, on peut y joindre encore le témoignage d'un Européen. C'est encore Gomara, le compagnon de Cortez, qui va nous fournir ce renseignement dans le même livre traduit par le sire de Genillé. Nous y voyons qu'en 1538 un religieux, nommé frère Marc, fit un voyage dans une contrée occidentale désignée sous le nom de Cibola; au retour, il fit de la richesse et de la beauté de ce pays de si merveilleux récits que don Antonio de Mendoza conçut le projet de le conquérir. Il envoya dans cette direction des troupes, commandées par François Vasquez de Coronado, dont une partie, suivit les côtes et s'avança jusqu'à 40 degrés de latitude, c'est-à-dire jusqu'à l'Orégon. En ce point, « nos gens virent de sur la coste de la mer des navires qui avoient les verges dorées et les proues argentées, chargés de marchandises. On pensoit qu'elles fussent de Katay ou de la Sina, parce que ceux de dedans faisoient signe d'avoir jà flotté par l'espace de trente iours. » Trente jours est le temps que nécessite la traversée du Japon en Amérique.

Voilà donc établi le fait de communications et de relations commerciales entre l'ancien continent et le nouveau par l'Asie. Après la conquête, il se passa là ce qui se passa aux Carolines après l'occupation des Mariannes : les Japonais et les Chinois fermèrent leur pays, et se murèrent chez eux.

Après ces témoignages empruntés aux Asiatiques et aux Européens, nous en trouvons d'autres fournis par des indigènes : ceux-ci montrent que ces relations ne furent pas toujours pacifiques et qu'il se faisait parfois des descentes à main armée sur le sol américain.

En 1718, le Page du Prat, colon de la Louisiane, dont l'esprit exact était avide de recherches scientifiques, entra en relation avec un Américain nommé Moncacht-Apé (ce nom signifie *celui qui tue la peine*), et nous lui devons d'avoir recueilli et publié la relation des voyages de cet indigène.

Ce Moncacht-Apé avait été de bonne heure tourmenté du besoin de savoir d'où venaient sa nation et les autres Américains. Après la mort de sa femme, il résolut de voyager dans ce but. Tout lui indiquant le nord-ouest comme point d'origine probable, il part de chez lui dans cette direction, traverse le Mississipi et le Missouri, franchit les montagnes Rocheuses, et atteint la Colombia ou l'Orégon, qu'il descend jusqu'au 47° degré. Là il apprend que des hommes barbus viennent tous les ans prendre dans cette contrée des jeunes gens qu'ils emmènent en esclavage et des bois de teinture;

Digitized by Google

ces hommes barbus avaient des armes à feu qui épouvantaient les naturels. Moncacht-Apé conseilla de leur dresser une embûche à leur prochain retour, et, en effet, quand ils revinrent, ils furent cernés, et onze furent tués. Voici à peu près la description de ces hommes barbus. Ils étaient plus petits que les Américains et fort blancs; ils avaient la tête grosse et le corps assez gros pour leur hauteur; les cheveux n'étaient longs que vers le milieu de la tête; leurs habits n'étaient ni de laine ni de soie, mais de coton très-doux et de différentes couleurs; la poudre dont ils se servaient était très-inégale et moins bonne que celle des Européens. Leurs fusils portaient moins loin que ceux des Français.

Il est évident qu'il s'agit ici d'expéditions semblables à celles que l'on a faites longtemps et qu'on fait encore sur certaines côtes d'Afrique et dans certaines îles de la mer du Sud, dans le but d'enlever des naturels pour les réduire en esclavage.

Qu'étaient ces hommes barbus? Ce n'étaient pas de ces populations sauvages de l'extrême Orient asiatique; leurs vêtements et les armes à feu qu'ils possédaient à la fin du XVII^e siècle prouvent le contraire. Ce n'étaient pas des Chinois, car ils étaient barbus; ce n'étaient pas des Espagnols, leur costume le démontre. Évidemment, ce ne pouvait être que des Japonais: leurs armes et leurs vêtements l'attestent. On sait aujourd'hui que les premiers conquérants du Japon étaient de race blanche et de petite taille, et que plus tard seulement y arriva la race jaune. Tout indique donc ici une de ces razzias que les Japonais avaient coutume de faire sur les côtes occidentales de l'Amérique et en tout semblables à celles que des peuples plus civilisés firent trop longtemps ailleurs.

Revenons au Fou-Sang. Les travaux de M. de Rosny nous ont apporté une dernière preuve montrant que ce nom ne désigne pas le Japon. Les Japonais connaissaient le Fou-Sang, qu'ils appellent Fou-So, et dans une de leurs encyclopédies on lit : « Il reste incertain si le pays où les bonzes du pays de Ki-pin allèrent porter la doctrine de Bouddha est situé au nord ou à l'est. En tout cas, c'est à tort qu'on a pensé qu'il s'agissait du Japon, et il est inexact que Fou-So soit un autre nom du Japon. » En tenant compte de tous ces faits, il est évident que les Chinois et les Japonais ont eu des relations avec l'Amérique bien avant la découverte européenne.

Il était important de montrer les relations qui existèrent entre le nord-ouest de l'Amérique et cette partie de l'Asie qui va du détroit de Behring au sud du Japon, car, dans cette région, nous trouvons les éléments ethniques suffisants pour expliquer toutes les races américaines. Qu'y rencontrons-nous, en effet? En commençant par le nord, viennent d'abord les populations boréales, identiques partout dans les deux continents et que l'école américaine elle-même admet comme étant de même race. Puis viennent les Tchouktchis, population très-spéciale, arrivée là évidemment par migrations, et qui rappelle, par une foule de caractères physiques et intellectuels, les Peaux-Rouges des États-Unis. Les Aïnos, que nous rencontrons ensuite dans le nord du Japon, forment une race singulière à éléments blancs incontestables, mais très-spéciaux, très-barbus, supérieurs aux peuples voisins par des croyances élevées et des mœurs douces. Plus au sud viennent les populations jaunes; et enfin, tout à fait dans le bas du Japon, des populations noires, ce qui explique le teint des Californiens. Ainsi, sur tout ce côté nord-est de l'Asie, nous trouvons les éléments de tous les types américains.

Le passage par le détroit de Behring, très-facile, de l'avis de tous; les îles Aléoutiennes, le courant de Tessan, durent faire la route à tous ces éléments asiatiques pour passer en Amérique. De son côté, le contre-courant équatorial qui part de l'archipel Indien, et qui va à l'isthme de Darien, a pu pousser des Océaniens vers le nouveau continent; mais aucun fait ne le démontre. Le courant de Humboldt, ou courant du pôle sud, a, au contraire, souvent jeté sur les côtes du Chili et du Pérou des corps flottants venant de l'océan Pacifique. Des canots égarés ont donc pu être poussés de même dans cette direction et arriver par cette voie en Amérique.

Voilà bien établis les rapports existant depuis longtemps entre l'Asie et l'Amérique; reste à rechercher si l'Europe et l'Afrique ont joué un rôle dans le peuplement du nouveau monde.

## XIV.

### Peuplement de l'Amérique. — Relations entre le nouveau monde et l'Europe antérieurement aux découvertes de Christophe Colomb.

Nous avons, dans notre dernière leçon, cherché à montrer que l'homme de l'ancien continent a pénétré par l'Asie en Amérique bien avant la découverte européenne. Nous avons vu que, d'après Maury, le passage d'un continent à l'autre par le détroit de Behring est des plus faciles; que les régions septentrionales sont habitées par un peuple navigateur qui franchit la mer au moindre prétexte. Nous avons enfin trouvé sur les deux rivages un même peuple, les Tchuktchis, qui ont gardé entre eux des relations fréquentes. Le courant du Japon, qui souvent a poussé sur les côtes de l'Amérique des corps flottants, a dû aussi guider les hommes vers cette région, et l'on sait aujourd'hui que, bien avant Christophe Colomb, il existait de ce côté des relations régulières entre les deux continents. De Guignes trouva dans les livres chinois la description d'un pays de Fou-Sang qui ne peut être que l'Amérique. Nous avons vu cette découverte de de Guignes vivement attaquée par Klaproth, victorieusement soutenue par M. de Paravey, auquel M. d'Eichthal est venu récemment apporter l'appui de son autorité et de ses découvertes au Mexique.

Ces communications, attestées par les livres chinois, le sont encore, avons-nous vu, par les Européens qui furent en Amérique au temps de la conquête, et par le récit d'un indigène qui fut témoin d'une de ces descentes à main armée que depuis longtemps des hommes barbus venus d'Asie faisaient dans ces régions. Nous avons fait voir que ces hommes barbus ne pouvaient être que des Japonais. Enfin M. de Rosny est venu nous montrer, d'après les livres japonais eux-mêmes, que le Fou-So ou Fou-Sang n'est pas le Japon, comme Klaproth l'avait prétendu.

Nous avons enfin trouvé, dans cette partie nord-est de l'Asie, tous les éléments ethniques nécessaires pour avoir formé toutes les races américaines, et c'est pourquoi nous avons tant insisté sur la possibilité et la réalité des communications par ce point des deux continents.

Ainsi, l'Asie seule expliquerait tout le peuplement de l'Amérique. Mais il nous reste à chercher si l'Europe et l'Afrique n'ont pas aussi envoyé dans cette vaste contrée des

Digitized by Google

éléments de population, et n'ont pas ainsi coopéré au résultat.

Parlons d'abord de l'Afrique. La population africaine la mieux caractérisée est la race nègre. Existe-t-elle en Amérique? Nous savons que Vasco Nuñès de Balboa a rencontré toute une tribu nègre dans l'isthme de Darien; nous savons encore qu'il existait des hommes noirs lors de la conquête dans l'île de Saint-Vincent, située à l'entrée du golfe du Mexique, et qu'en ce lieu ils portent le nom de *Caraïbes noirs*. Rappelons encore les Charruas du Brésil, les Yamassees de la Floride, et nous aurons montré qu'avant l'importation européenne il existait en Amérique de véritables nègres, peu nombreux, il est vrai, et des populations qui se rattachaient à ce type par la couleur. Mais il faut avouer que nous n'avons pas de documents traditionnels attestant positivement les migrations qui les y amenèrent, et nous ne pouvons qu'en démontrer la possibilité, en nous appuyant sur les conditions géographiques.

Si le *Gulf-Stream* a pu amener aux Açores et en Europe des plantes, des canots venant du golfe du Mexique, il est évident que le *courant équatorial* a pu de la même façon, et en sens contraire, pousser des corps flottants d'Orient en Occident. Ce fait est attesté par Colomb lui-même, qui, lors de son second voyage, découvrit la Guadeloupe et y trouva un gouvernail qui ne pouvait avoir appartenu aux vaisseaux de ses compagnons. Ce seul témoignage suffit pour expliquer la présence des nègres en Amérique; s'ils y sont en petit nombre, cela tient seulement à leurs habitudes peu maritimes.

Remarquons d'ailleurs que tous les points du nouveau monde où l'on a trouvé des hommes noirs sont précisément ceux où viennent aboutir les courants. Dans l'Amérique septentrionale, nous en trouvons en Californie, là où vient battre le Kuro-Sivo. Le courant équatorial, qui, dans l'océan Atlantique, vient se briser au cap Saint-Roch, s'y bifurque : une branche va vers le Brésil, l'autre remonte vers le golfe du Mexique, qu'elle sillonne; c'est par ce courant que les Africains ont dû être entraînés vers l'Amérique. Aussi les trouvons-nous seulement au Brésil et aux attérages du golfe du Mexique, là où les ont conduits les courants marins. Ainsi nous expliquons la présence des nègres dans le nouveau continent; mais nous ne pouvons démontrer par des faits historiques cette émigration.

En ce qui concerne l'Europe dans la question qui nous occupe, nous n'aurons plus besoin de raisonner par induction. Des faits précis, des dates certaines vont nous apprendre que, bien longtemps avant Colomb, l'Européen avait atteint l'Amérique et y avait fondé des colonies.

Recueillons d'abord une tradition indigène, empruntée aux récits d'un Iroquois nommé Cusic, qui publia un livre sur l'histoire de son pays. Alors que les Tuscaroras habitaient la vallée de Saint-Laurent (Caroline du Nord), on vit arriver à la côte un navire qui s'y brisa. Les indigènes recueillirent les naufragés et les aidèrent à se sauver. Ces étrangers étaient, dit la légende, enveloppés dans des sacs de cuir et furent transportés sur la montagne par des faucons. Ayant ensuite changé d'habitation et s'étant multipliés beaucoup, ils excitèrent la jalousie des indigènes, et furent dispersés et dévorés par un monstre à quatre pattes qui ravagea la contrée.

Dans le langage figuré de ces peuples, ces faits s'expliquent naturellement, et il faut voir dans les faucons qui emmenèrent ces étrangers dans la montagne une tribu portant un de ces noms très en usage chez ces peuples; le monstre à quatre pattes qui les a dévorés peut indiquer simplement l'union de quatre tribus liguées pour exterminer ces hommes qui leur faisaient ombrage. Ce qu'il y a de certain, c'est que les Tuscaroras ont gardé une grande haine contre les blancs, car, en 1711, ils essayèrent de surprendre et de massacrer les colons européens, et tuèrent le gouverneur; mais, ayant été défaits et mis en fuite, ils remontèrent vers le nord et entrèrent dans la confédération iroquoise des Cinq-Nations, qui devint ainsi la confédération des Six-Nations.

S'il y a encore dans ce récit quelque mélange fabuleux, s'il manque d'exactitude en quelques points, nous allons trouver en Europe des témoignages absolument certains et d'une précision irrécusable. On ne peut plus douter aujourd'hui que les Basques, les Irlandais et les Scandinaves surtout n'aient connu l'Amérique bien avant Colomb. Peut-être même ces voyages antérieurs, d'ailleurs peu connus à cette époque, ont-ils contribué à l'expédition du célèbre navigateur.

D'après un article publié en 1847 dans la *Sentinelle des Pyrénées*, des pêcheurs basques du cap Breton découvrirent le Canada vers 1390. S'acharnant à la poursuite des baleines, ils étaient arrivés de proche en proche jusqu'à Terre-Neuve, où ils pêchèrent; ils descendirent alors à terre pour faire sécher le produit de leur pêche et donnèrent à ces régions inconnues des noms qui y furent conservés, tels que ceux du cap Breton, de la baie de Toulouse et de Cabarus. L'auteur de cet article s'appuie sur Spinola, Delamare, Volui.

Mais bien avant les Basques, les Irlandais connaissaient l'Amérique.

Nous en trouvons une première preuve dans l'histoire de Virgile, qui, issu d'une famille noble d'Irlande, fut sacré évêque de Saltzbourg en 766 et canonisé en 1223. Étant simple missionnaire en Bohême, il eut des démêlés avec son évêque, Boniface de Muntz, sur des questions de dogmes. Il enseignait, en effet, que la terre est sphérique; qu'il existe un autre monde et d'autres hommes; que nous avons nos antipodes. Ces doctrines furent mal comprises : on crut qu'il plaçait cette terre sous la nôtre, avec un autre soleil, une autre lune et d'autres habitants pour lesquels le Christ n'était pas mort, et il fut excommunié par le pape Zacharie. Virgile alla à Rome, put se faire entendre du pape et lui expliquer sa pensée qu'on avait mal interprétée. Le pape retira ses anathèmes, et, trois ans après, le nomma évêque.

L'abbé Brasseur (de Bourbourg), dont le nom revient à tout moment dans ces recherches sur l'histoire ancienne de l'Amérique, a recueilli d'autres documents.

D'après une tradition que nous ont conservée les Scandinaves, un prince gallois, nommé Madow, partit de son pays, naviguant droit à l'ouest, dans l'intention de rencontrer la fin de la mer ou un nouveau monde. Après avoir effectivement découvert un nouveau monde, il revint dans son pays, et repartit emportant des compagnons et tous les éléments d'une colonie. Il ne reparut pas, et l'on n'en entendit plus parler.

Cette tradition est certainement vague. Mais Humboldt la considère comme fort ancienne, car, en 1121, un évêque du Groënland, nommé Éric, s'embarque pour aller porter la foi chrétienne aux descendants de ces Gallois. Catlin et quelques autres ont cru voir dans ces Gallois de Madow la souche de Mandans, tribu de l'Amérique du Nord très-distincte au mi-

Digitized by Google

lieu des Peaux-Rouges, qui les entouraient, et qu'une de ces éruptions cutanées si fréquentes chez les peuplades sauvages a décimé de nos jours et presque fait disparaître.

On trouve dans l'*Encyclopédie française* un article d'Owen Williams, qui affirme que cette colonie existait encore en 1819. A cette époque, les descendants des Gallois formaient dans le haut Missouri deux tribus nommées Bridones et Chadogees : ils étaient grands, bien faits, parlaient le pur gallois; ils possédaient des lettres et des manuscrits fort anciens où il était question d'une île appelée Brydon. Leur religion consistait en un mélange de christianisme et de druidisme. Si ce fait se vérifiait, il serait décisif et d'un intérêt immense; mais il est au moins fort douteux. Schoolcraft nous parle bien d'Indiens blancs dans cette région; mais sont-ce nos Gallois ou des Esquimaux blancs? Malheureusement, il n'a pas étudié la question au point de vue dont il s'agit ici.

Hâtons-nous d'arriver aux relations des Scandinaves avec l'Amérique du Nord, car ici ce ne sont plus des faits obscurs, des témoignages discutables que nous pourrons mettre en avant, mais des renseignements précis, des dates, toute une histoire.

Les Norwégiens ou les Danois ont vraiment découvert l'Amérique et peuplé le Groënland. La date exacte de cette découverte n'est pas fixée : suivant les uns, elle fut postérieure à la découverte de l'Islande par les Scandinaves, qui eut lieu en 861; suivant les autres, et parmi eux se range M. Frédéric Lacroix, elle lui fut antérieure. M. Lacroix cite à l'appui de son opinion une bulle du pape Grégoire IV, adressée à l'évêque de Hambourg; cette bulle est de 835, et il y est parlé des missions du Groënland. Il cite encore une autre bulle antérieure à l'an 900, et où il est également question du Groënland. S'appuyant enfin sur les chroniques danoises, M. Frédéric Lacroix fait remonter à 770 la découverte de l'Amérique par les Scandinaves. En tout cas, elle est bien certainement antérieure à l'an 1000, et sur ce point il ne peut y avoir de doute.

En effet, la Saga nous apprend qu'Érik le Roux, chassé d'Islande pour avoir commis un meurtre, se mit en mer, découvrit le Groënland et revint dans sa patrie. Or, la Saga déclare que ces faits se passaient quinze ans avant l'époque où la religion chrétienne s'implanta officiellement en Islande. Cette époque est l'an 1000; c'est donc en 985 qu'eut lieu le voyage d'Érik. Mais cette même Saga nous apprend qu'en partant Érik annonce qu'il va chercher les terres vues par Gumbjöxn, fils d'Ulous; ceci supposerait une découverte antérieure. Rafn a produit une note importante où il résulterait que les îles des Gumbjöxn n'existent plus, mais qu'elles ont existé. Enfin un autre manuscrit danois reporte à 770 la découverte du Groënland, et c'est à cette dernière date que s'est arrêté M. Frédéric Lacroix.

Il est, d'ailleurs, difficile de croire que le Groënland ne fut découvert qu'en 985, car, au XI^e siècle, il y existait une colonie qui fut bientôt très-florissante et multiplia ses établissements. Elle se divisait en deux cantons : l'un, à l'est, portait le nom d'Osterbygd; l'autre, à l'ouest, s'appelait Westerbygd. Le premier comprenait deux villes nommées Garda et Alba, et possédait une cathédrale, onze églises, trois ou quatre monastères et trois maisons royales. Cet état florissant dura jusque vers la dernière moitié du XIV^e siècle, époque à laquelle le Westerbygd fut attaqué et dévasté par les Skrellingers, dont le nom indique des petits hommes ou des nains, et qui étaient sans doute une peuplade d'Esquimaux. Les secours venus de l'est arrivèrent trop tard, la colonie tout entière avait été massacrée ou dispersée. L'Osterbygd continua à prospérer jusqu'après l'an 1400. C'est à cette époque que les communications entre elle et l'Europe furent interrompues, et l'on perdit jusqu'au souvenir de ces anciennes relations.

Ceci peut paraître bien étrange; mais nous en trouvons deux raisons. La colonie ayant refusé le tribut ordinaire, la reine Marguerite de Danemarck défendit, sous des peines graves, toute communication avec elle. De plus, c'est à cette époque, en 1408, que les glaces, se formant en plus grande abondance, séparèrent le Groënland de l'Islande. Ces deux raisons firent qu'on oublia complétement la colonie danoise.

Qu'est devenue cette population? On est porté à penser qu'une partie est restée dans ces contrées, mais que, privée de toute communication avec les peuples civilisés, soumise à l'influence plus grande du froid et à toutes sortes de misères, suites naturelles de l'isolement, elle y est devenue barbare. Cependant, sous l'influence de certaines théories en désaccord avec la tradition, on en vint à douter de l'existence de l'Osterbygd, et, en 1829, le capitaine danois Graha fut chargé de rechercher cette population. Il s'embarqua sur des bateaux groënlandais avec des naturels du pays, et parvint, en suivant les côtes, à trouver au milieu des Esquimaux une peuplade toute différente du type ordinaire de ces contrées. Elle était composée d'hommes de taille haute et bien prise, de grande force musculaire; la forme de la tête et les traits les rapprochaient des Européens, et ils avaient le teint blanc. Tout cela les distinguait nettement des Esquimaux, à taille trapue et au teint jaunâtre; mais la linguistique les en rapprochait, le langage était le même. Aussi Graha conclut-il que ce n'étaient pas ses compatriotes.

Plus au nord, Scoresby fils a trouvé les ruines d'un grand établissement.

En combinant cette dernière découverte avec les caractères physiques indiqués par Graha, il est évident, pour le professeur comme pour M. Lacroix, que le capitaine danois avait réellement trouvé les restes de la population scandinave qu'il cherchait.

Mais était-ce là tout ce qui avait survécu aux malheurs anciens de la grande colonie? Peut-on supposer que ces fils de Normands s'étaient laissé mourir de froid et de misère en ce lieu sans tenter de se réfugier ailleurs? Évidemment non. Comme leurs ancêtres, ils ont dû monter sur leurs vaisseaux et descendre vers le sud pour y trouver un établissement plus favorable.

Mais ce n'est pas seulement dans le Groënland et l'Amérique boréale que les Scandinaves ont fait des découvertes et fondé des établissements : ils sont encore allés beaucoup plus bas. Ici nous rencontrons les importants travaux sur cette question des antiquaires scandinaves, résumés par Rafn dans son beau livre intitulé : *Antiquitates americanæ*. A notre grand regret, nous ne pouvons exposer ces recherches qu'en un fort court abrégé.

Rafn a recueilli dans des archives de familles scandinaves les noms et l'histoire, incomplète, il est vrai, de neuf explorateurs. Il raconte qu'un Islandais nommé Biarn avait, dans un voyage au Groënland, poussé plus loin et rencontré d'autres terres sans les examiner. Il fit part de ses découvertes à Leif, fils d'Érik, qui, curieux de les retrouver, acheta son vaisseau et s'embarqua avec trente-cinq compa-

Digitized by Google

gnons. Il découvrit successivement Terre-Neuve, la Nouvelle-Écosse et l'île de Nautucket. Ayant poursuivi leurs voyages, ces hardis navigateurs se décidèrent à hiverner dans une contrée dont les détails qu'ils donnent permettent de préciser la situation. « Dans cette région, disent-ils, le soleil se levait à sept heures et demie et se couchait à quatre heures et demie dans les jours les plus courts. » Il y avait donc neuf heures entre son lever et son coucher. Les astronomes peuvent démontrer que ces renseignements placent cette contrée à la pointe du Massachussets. C'était une région à température très-douce. Ils y trouvèrent la vigne, et, pour cette raison, lui donnèrent le nom de Vinland, fait qui répond à une des objections de Klaproth.

Nous ne suivrons pas Rafn au milieu des nombreuses relations de voyages et de découvertes qu'il a recueillies. Il suffit de dire que le Vinland devint l'objectif des navigateurs scandinaves. Ajoutons cependant que ces recherches lui ont permis de dresser la carte des découvertes faites en Amérique par les Européens du Nord du x^e^ au xiv^e^ siècle. Cette carte va jusqu'au Mississippi et à la Floride; mais il est vrai de dire qu'elle englobe ainsi certains points sur lesquels il existe encore des conjectures.

On possède, d'ailleurs, un planisphère islandais de la fin du xiii^e^ siècle où sont figurées les trois parties de l'ancien monde : l'Europe, l'Asie, l'Afrique, et de plus une région nommée Synri-bigd, qui occupe tout un hémisphère.

Enfin Hamilton Smith a publié la carte marine d'Andréa Bianca, portant la date de 1436, et où sont figurés le Brésil, les Antilles, etc.

Ainsi, l'histoire, l'expérience et l'observation journalière nous montrent l'Amérique abordée par tous les points que nous avons indiqués.

Devant ces faits, on ne peut plus soutenir qu'il a fallu que l'homme progressât jusqu'à la perfection contemporaine pour avoir l'activité et l'intelligence nécessaires au navigateur et à l'explorateur. Sur leurs vaisseaux grossiers, les Normands ont découvert l'Amérique septentrionale, et, s'y étant fixés, y ont fondé des établissements importants. Le professeur ne peut mieux faire que de rappeler ici les paroles de Lyell, dont il partage complétement les idées sur ce sujet : « En supposant que le genre humain disparût en entier, à l'exception d'une seule famille, fût-elle placée sur l'ancien ou le nouveau continent, en Australie ou sur quelque îlot madréporique de l'océan Pacifique, nous pouvons être certains que ses descendants finiraient, dans le cours des âges, par envahir la terre entière, alors même qu'ils n'atteindraient pas un degré de civilisation plus élevé que les Esquimaux ou les insulaires de la mer du Sud. »

Ce grand fait des migrations, que nous venons d'examiner, conduit à rechercher comment l'homme peut plier son organisme aux conditions diverses que lui offrent les différents climats : c'est la question de l'acclimatation dont nous commencerons l'examen dans la prochaine leçon. — L. Hallez.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE.

#### Chlore.

Nous venons d'étudier la première famille naturelle composée de l'oxygène, du soufre, du sélénium et du tellure. Il en existe une seconde renfermant le chlore, le brome et l'iode, dont les analogies sont aussi parfaites que possible, et le fluor, qu'on ne peut pas séparer des trois corps précédents.

Le chlore, qui va nous occuper en premier lieu, a été découvert en 1774 par Scheele, dans les circonstances suivantes. On lui avait remis, pour en faire l'analyse, un minéral noir, dont la composition était inconnue à cette époque : c'était le bioxyde de manganèse. Pour arriver à déterminer sa nature, il le traita par l'acide chlorhydrique, qu'on appelait l'acide marin, et il obtint une matière gazeuse comme l'air, mais possédant une couleur verdâtre et une odeur très-forte; il en conclut que l'acide marin avait perdu du phlogistique au contact de ce minéral, et il lui donna le nom d'*acide marin déphlogistiqué*. Cette découverte eut pour la chimie d'immenses résultats, non-seulement à cause de l'importance considérable du chlore, mais aussi parce qu'elle conduisit Scheele à la découverte du manganèse, du baryum (que contenait le bioxyde de manganèse) et probablement aussi à celle de l'oxygène lui-même.

Quand la théorie de Stahl disparut devant la théorie de Lavoisier, le nom précédent fit place à celui d'*acide marin oxygéné*. Berthollet, partant de l'hypothèse admise à cette époque, que tous les acides étaient oxygénés, arriva naturellement à conclure que le bioxyde de manganèse, traité par l'acide marin, suroxydait ce dernier, puisqu'il perdait de l'oxygène en agissant sur lui. Gay-Lussac et Thenard observèrent un dégagement d'hydrogène en traitant l'acide muriatique sec par le potassium ; il fallut donc admettre que cet acide renfermait de l'hydrogène.

La production du chlore pouvait alors s'expliquer de deux façons : ou bien l'oxygène du bioxyde de manganèse oxydait l'acide muriatique, comme l'admettait Berthollet, ou bien cet oxygène brûlait l'hydrogène de l'acide chlorhydrique et fournissait un corps plus simple que lui. Gay-Lussac et Thenard virent parfaitement ces deux hypothèses ; ils choisirent la première, probablement par respect pour Berthollet, leur maître, tandis que Davy, qui travaillait ce même sujet en Angleterre, admit la seconde, qui est l'hypothèse vraie. Ampère nomma le corps simple ainsi obtenu, *chlore* (χλωρός, jaune verdâtre).

Le chlore est un gaz jaune verdâtre, d'une odeur forte et suffocante, d'une saveur caustique. Dès qu'il pénètre dans les organes respiratoires, il les désorganise, amène la toux, une oppression pénible et même des crachements de sang, si l'on en respire des quantités un peu fortes. Sa densité est 2,44, ce qui donne 3^gr^,15 pour le poids du litre. Le chlore est soluble dans l'eau ; ce liquide en dissout 1^gr^,45 à 0 degré ; contrairement à la loi ordinaire, cette solubilité croît avec la température, car il y en a 3^gr^,07 dissous à 8 degrés ; cet accroisse-

(1) Voy. les n^os^ 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'*eau*), 23, 28, 31 (conférence de M. Riche, sur l'*air*), 36, 39, 41, 43 et 44.

Digitized by Google

ment de solubilité provient de la formation, vers la température de 0 degré, d'un hydrate dont la formation va croissant jusqu'à 8 degrés. L'hydrate de chlore se solidifie un peu au-dessus de 0 degré, ce qui rend sa préparation facile; il suffit d'entourer de glace un flacon rempli d'eau et dans lequel on dirige du chlore. Quand la concentration est suffisante, l'hydrate se dépose en flocons cristallins, jaune vert, formés de 28 de chlore et de 72 d'eau, ce qui conduit à lui donner la formule $Cl + 10HO$. Cet hydrate sert à préparer le chlore liquide : on égoutte rapidement les cristaux, on les presse dans du papier buvard et on les introduit dans un tube mouillé qu'on ferme ensuite à la lampe. On chauffe le tube vers 35 ou 40 degrés, l'hydrate se détruit et fournit du chlore gazeux qui se liquéfie en partie par sa propre pression. On obtient deux couches liquides superposées : la couche inférieure, d'un jaune foncé, est du chlore liquéfié; la couche supérieure est de l'eau saturée de chlore. La liquéfaction du chlore a été obtenue ainsi pour la première fois par Faraday. On peut encore le liquéfier à + 15 degrés, mais sous une pression de cinq atmosphères. La densité du chlore liquide est 1,33.

Du chlore sec, que l'on fait passer dans un tube en U, entouré d'un mélange d'acide carbonique solide et d'éther, se liquéfie très-rapidement.

Comme l'oxygène, le chlore est un corps comburant, et à ce titre il est même plus énergique que ce dernier, qu'il déplace souvent de ses combinaisons. Le phosphore, l'arsenic, l'antimoine, le potassium, prennent feu dans le chlore, tandis qu'ils ne brûlent dans l'oxygène qu'après avoir été préalablement enflammés. Nous réalisons ici l'expérience avec de la poudre d'arsenic ou d'antimoine : il se produit, comme vous le voyez, une gerbe de feu; mais il faut se préserver de la vapeur des chlorures produits. Le charbon fait exception; ce charbon rouge s'éteint immédiatement, dès qu'il est plongé dans ce flacon rempli de chlore; une bougie y brûle quelques instants, mais c'est à cause de l'hydrogène qu'elle contient.

Cette action du chlore sur l'hydrogène est le trait le plus saillant de son rôle chimique, rôle qui est très-considérable.

L'action de ces deux gaz l'un sur l'autre ne se manifeste pas tant qu'on les conserve dans une obscurité profonde; à la lumière diffuse la combinaison s'opère, mais lentement; sous l'action d'un rayon de soleil, l'action devient instantanée; le flacon éclate si l'ouverture en est étroite, et une flamme sillonne le mélange à ce moment. L'électricité, la chaleur, produiraient le même résultat. Le produit de cette combinaison est l'acide chlorhydrique, qui résulte de l'union de volumes égaux de chlore et d'hydrogène sans condensation. Ainsi, 2 volumes de chlore et 2 volumes d'hydrogène donnent 4 volumes d'acide chlorhydrique.

Quand le chlore sec a été exposé à la radiation solaire, il possède des affinités chimiques plus énergiques; il se combine avec l'hydrogène dans l'obscurité et dégage plus de chaleur par son action sur la potasse; ces faits avaient conduit à admettre que le chlore se change alors en une modification allotropique. Mais on a fait voir dernièrement que cette énergie plus considérable tient à ce que le chlore renferme de l'acide hypochloreux, lequel se produit sous l'influence de la radiation solaire, par l'action du chlore sur un peu d'eau restant dans le gaz.

Le chlore attaque la plupart des substances hydrogénées, l'eau, l'ammoniaque, l'acide sulfhydrique et les matières organiques. Ainsi, lorsqu'on fait passer du chlore humide dans un tube de porcelaine chauffé au rouge, l'eau se décompose, et il se forme de l'acide chlorhydrique et de l'oxygène.

Cette réaction se passe également à la lumière diffuse; à la longue, la dissolution de chlore se décolore et devient acide; sous l'influence des rayons solaires la réaction est plus rapide, l'oxygène ne se dégage pas en totalité; au moment où il prend naissance, il s'unit en faible partie au chlore et forme de l'acide hypochloreux et de l'acide perchlorique.

C'est en raison de cette action de la lumière qu'on conserve toujours l'eau de chlore dans des flacons recouverts de papier noir, ou de verre jaune ou rouge. Si le papier est noir, la lumière ne pénètre pas dans le flacon; si le verre est rouge ou jaune, il n'y entre pas sensiblement de rayons chimiques car les rayons violets sont les rayons chimiques, et le rouge est par rapport au violet à l'autre extrémité du spectre.

La décomposition de l'eau par le chlore joue un rôle considérable et donne la clef d'une des propriétés les plus utiles du chlore, c'est son *pouvoir oxydant*. La solution d'acide sulfureux et celle de sulfate de protoxyde de fer, qui s'oxydent lentement à l'air, s'oxydent instantanément en présence du chlore; au contact de l'eau, il transforme immédiatement l'acide arsénieux en acide arsénique.

$$Cl + SO^2 + 2HO = SO^3HO + HCl.$$
$$2FeO + Cl + HO = Fe^2O^3 + HCl.$$
$$ASO^3 + 2HO + 2Cl = ASO^5 + 2HCl.$$

Le chlore décompose l'acide sulfhydrique; si l'on mélange les deux corps à l'état gazeux, on voit aussitôt se former un dépôt de soufre :

$$Cl + HS = HCl + S.$$

Nous avons vu précédemment le parti qu'on tirait de cette réaction dans les empoisonnements par l'acide sulfhydrique.

Le chlore réagit aussi sur l'ammoniaque, comme je vous l'ai fait voir dans une de nos premières leçons. C'est ainsi que nous avons obtenu l'azote; c'est ainsi également que se forme le chlorure d'azote.

L'action du chlore sur les matières organiques est encore due à la présence de l'hydrogène dans ces matières. Deux cas peuvent se présenter : ou bien la matière perd de l'hydrogène, ou bien elle gagne de l'oxygène. La transformation de l'alcool en aldéhyde et en acide acétique est un exemple saillant de cette double action :

1° En effet, l'alcool, en présence du chlore et de l'eau, fournit de l'aldéhyde,

$$\underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} + 2Cl = \underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Aldéhyde.}} + 2HCl.$$

2° L'aldéhyde, en présence du chlore naissant, se change en acide acétique,

$$\underbrace{C^4H^4O^2}_{\text{Aldéhyde.}} + 2Cl + 2HO = \underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Acide acét.}} + 2HCl.$$

Si l'on continue l'action du chlore, l'oxydation se poursuit et l'on obtient finalement de l'acide carbonique $CO^2$, de l'eau $HO$ et de l'acide chlorhydrique $HCl$.

Dans d'autres cas, le chlore agit par *substitution* : il s'empare de tout ou d'une partie de l'hydrogène; mais à chaque équivalent d'hydrogène enlevé se substitue un équivalent de chlore; le chlore remplace si exactement l'hydrogène, que le composé résultant de cette substitution possède sensiblement le rôle chimique de celui qui lui a donné naissance. Ainsi,

Digitized by Google

l'acide acétique a pour formule $C^4H^3O^3,HO$ ; en faisant agir le chlore sur lui on obtient :

L'acide acétique monochloré... $C^4H^2ClO^3,HO$
L'acide acétique trichloré..... $C^4Cl^3O^3,HO$

qui sont des corps très-analogues à l'acide acétique lui-même. C'est, pour employer une comparaison, comme si l'on enlevait une des pierres d'un édifice pour la remplacer par une autre de nature différente; celle-ci garderait sa nature propre dans l'édifice; mais elle n'altérerait en rien la forme de l'édifice lui-même. Cette théorie célèbre des substitutions, due à M. Dumas, est l'origine de la majeure partie des progrès de la chimie organique, et elle a permis d'expliquer une foule de réactions de la chimie minérale.

Dans certaines circonstances, le chlore détruit complétement les matières organiques, surtout sous l'influence d'une température élevée. Aucune matière colorante ne résiste à l'action de ce corps; la teinture de tournesol, l'indigo, l'encre, sont blanchis immédiatement par quelques gouttes de chlore.

Lorsque le chlore agit sur une matière colorante, il y a tantôt oxydation, tantôt substitution.

Le chlore n'agit pas seulement sur les substances hydrogénées ; il se combine directement avec plusieurs corps simples, tels que l'arsenic, l'antimoine, le potassium, qui s'enflamment lorsqu'on les réduit en poudre fine et qu'on les projette dans un flacon rempli de ce gaz. Le cuivre et le fer s'y changent en chlorures, avec incandescence. Le chlore, enfin, est le seul dissolvant de l'or et du platine.

Le meilleur réactif du chlore est le nitrate d'argent, qui forme un précipité de chlorure d'argent complétement insoluble dans l'eau et l'acide nitrique, soluble dans l'ammoniaque et dans l'hyposulfite de soude.

*Équivalent du chlore.* — L'équivalent du chlore a pendant longtemps occupé les chimistes, par la raison que le chlore est le seul métalloïde connu dont l'équivalent ne soit pas un multiple exact de celui de l'hydrogène. Dans ces dernières années, M. Dumas a repris la question, et a obtenu le nombre 35,5, qui confirme les déterminations anciennes de Wenzel et de Berzelius, ainsi que les expériences plus récentes de M. Pelouze, de M. Maumené et de M. de Marignac.

Son procédé consiste à changer le chlore en chlorure d'argent; par conséquent, il faut que l'équivalent de l'argent soit déterminé d'une manière incontestable; or, les expériences de M. de Marignac prouvent que 8 d'oxygène exigent exactement 108 d'argent pour former le protoxyde d'argent, et que le poids 116 d'oxyde d'argent fournit un sel neutre avec 54 d'acide azotique. Donc, 108 est l'équivalent de l'argent.

« Ceci admis, dit M. Dumas, j'ai cherché combien 108 d'argent exigeaient de chlore pour se convertir en chlorure d'argent. J'ai placé dans un tube en verre, effilé par un bout, l'argent pur, en grenaille, qu'il s'agissait de chlorurer. J'ai dirigé dans le tube un courant de chlore pur et sec, et j'ai déterminé par une chaleur convenable la combustion de l'argent dans le chlore et la fusion du chlorure d'argent formé. Dans une telle expérience, il n'y a, comme on le voit, que trois pesées à effectuer : 1° celle du tube vide d'air; 2° celle du tube vide d'air contenant l'argent; 3° celle du tube vide d'air contenant le chlorure d'argent. Au moyen d'un robinet qui s'ajuste au tube, on peut le vider d'air et le peser en cet état. J'emploie comme tare un tube semblable au premier et qui lui fait équilibre. L'argent et le chlorure d'argent sont ainsi pesés dans le vide et l'on en obtient le poids absolu. »

L'expérience terminée et le tube refroidi, celui-ci est vidé d'air, puis pesé. Voici les résultats obtenus :

| | Argent. | Chlorure. | Équiv. du chlore. |
|---|---|---|---|
| 1..... | 9,954 | 13,227 | 35,512 |
| 2.. ... | 19,976 | 26,542 | 35,499 |

108 grammes d'argent exigent donc 35gr,5 de chlore pour se convertir en chlorure.

Ce poids de chlorure est son équivalent, parce qu'il remplace 8 d'oxygène vis-à-vis de 108 d'argent, de 39 de potassium, de 23 de sodium et surtout vis-à-vis de 1 d'hydrogène, point de départ des équivalents. C'est le poids de chlore qui s'unit à 8 d'oxygène pour former le premier degré d'oxydation du chlore. Enfin, 35,5 de chlore est le poids de ce métalloïde qui se substitue à 1 d'hydrogène pour former dans les composés organiques et minéraux des substances nouvelles, mais semblables par leur type aux matières hydrogénées initiales. L'équivalent du chlore correspond à 2 volumes :

$$X = 2 \times \frac{35,5}{1} \times \frac{0,069}{2,44} = 2.$$

*Préparation du chlore.*— Le chlore se retire de l'acide chlorhydrique ou des chlorures. Je décrirai d'abord sa préparation au moyen de l'acide chlorhydrique.

L'acide chlorhydrique est formé de 1 équivalent de chlore et de 1 équivalent d'hydrogène; si nous mettons 2 équivalents de cet acide chlorhydrique en contact avec 1 équivalent de peroxyde de manganèse, les 2 équivalents d'hydrogène de l'acide chlorhydrique se combinent avec 2 équivalents d'oxygène de l'oxyde pour former de l'eau et 2 équivalents de chlore se trouvent mis en liberté; un seul de ces équivalents se dégage et l'autre se porte sur le manganèse pour former du chlorure de manganèse,

$$MnO^2 + 2HCl = 2HO + MnCl + Cl.$$

L'appareil se compose d'un ballon de verre dans lequel on place le bioxyde de manganèse en petits grains et l'acide chlorhydrique; le gaz chlore est lavé dans un flacon renfermant de l'eau, et recueilli par les moyens ordinaires.

Lorsqu'on se propose de retirer le chlore d'un chlorure, on opère ordinairement sur le chlorure de sodium. L'appareil est le même que celui que nous venons de voir. Soumis à l'action de l'acide sulfurique hydraté, le chlorure de sodium se transforme en sulfate de soude et en acide chlorhydrique.

$$NaCl + SO^3,HO = NaO,SO^3 + HCl.$$

Si cet acide chlorhydrique se trouve en présence du bioxyde de manganèse, il pourra, comme nous l'avons vu, dégager du chlorure :

$$2HCl + MnO^2 = 2HO + MnCl + Cl.$$

On voit donc, en réalité, que la production du chlore n'a lieu que par suite de la formation de l'acide chlorhydrique qui se trouve en présence du bioxyde de manganèse. Ce moyen fournit tout le chlore contenu dans le chlorure de sodium, comme l'indique l'équation générale suivante :

$$NaCl + 2(SO^3,HO) + MnO^2 = MnO,SO^3 + NaO,SO^3 + 2HO + Cl.$$

Si l'on veut du chlore sec, on le fait passer, après l'avoir lavé, sur de la pierre ponce imbibée d'acide sulfurique. Pour le recueillir, on profite de sa grande densité et on le dirige à la partie inférieure d'un flacon sec, plein d'air. Le chlore déplace l'air peu à peu et quand l'atmosphère du vase est d'un vert jaunâtre, on bouche le flacon.

Digitized by Google

Pour obtenir de l'eau de chlore, on emploie l'appareil de Woulf. Dans les fabriques on remplace le ballon de verre par des bombonnes en grès de 60 à 80 litres de capacité, dans lesquelles on introduit de l'acide chlorhydrique jusqu'aux deux tiers. Ces bombonnes reposent dans des chaudières en fonte qu'on remplit de sable; on en réunit plusieurs bout à bout par des tuyaux de plomb, et on les place sur un foyer commun; on suspend d'ordinaire le bioxyde au milieu de la liqueur acide dans des cylindres en terre percés de trous.

*Usages du chlore.* — Le chlore est employé en immenses quantités pour la décoloration et la désinfection. On se sert à cet effet des chlorures décolorants et surtout du chlorure de chaux, qui renferme de grandes quantités de chlore sous un petit volume, et qui ne le dégage qu'en présence d'un acide, ce qui permet d'en régler la production. C'est ainsi que l'acide carbonique de l'air réagit lentement sur ce corps en mettant en liberté une faible quantité de chlore.

Quand le chlore est employé pour désinfecter, il décompose l'acide sulfhydrique, l'ammoniaque et les miasmes, corps organiques hydrogénés.

La décoloration du chanvre et du lin consomme aujourd'hui beaucoup de chlore. C'est Berthollet qui fut le créateur de cette industrie. Auparavant on opérait ce blanchiment par l'exposition longtemps prolongée de ces tissus à l'action des agents atmosphériques; il est fort probable que dans cette façon d'opérer, l'ozone était l'agent actif. La pâte à papier est également blanchie par le chlore. Les chimistes font un usage continuel de ce corps pour chlorurer et oxyder.

### Composés oxygénés du chlore.

L'affinité du chlore pour l'oxygène est très-faible, et cela se comprend, puisque ces deux corps sont tous deux électronégatifs; et que, par conséquent, leur analogie chimique est extrêmement grande. Cette faible affinité nous conduit à penser que ces mêmes corps doivent former un grand nombre de combinaisons. C'est ce que l'on constate en effet; il en existe cinq qui sont parfaitement définies, et deux autres que l'on peut considérer comme résultant de l'union de deux des précédentes. Ces combinaisons sont :

| | |
|---|---|
| L'acide hypochloreux..... | $ClO$. |
| L'acide chloreux..... | $ClO^3$. |
| L'acide hypochlorique..... | $ClO^4$. |
| L'acide chlorique..... | $ClO^5$. |
| L'acide perchlorique. ..... | $ClO^7$. |
| L'acide chloro-chlorique..... | $ClO^3 2ClO^5$. |
| L'acide chloro-perchlorique... | $ClO^3,2ClO^7$. |

### Acide chlorique.

L'acide chlorique a été isolé pour la première fois par Gay-Lussac. On ne le connaît pas anhydre : lorsqu'on veut le déshydrater, il se décompose. Aussi concentré que possible, c'est un liquide huileux, coloré en jaune, soluble dans l'eau en toutes proportions.

Lorsqu'on soumet à l'action de la chaleur une dissolution d'acide chlorique, elle commence par se concentrer, et se décompose ensuite en oxygène et en acide chloreux, ou bien en un mélange d'acide perchlorique, de chlore et d'oxygène :

$$2ClO^5 = ClO^7 + Cl + O^3.$$

Cet acide ayant si peu de stabilité, doit être considéré comme un oxydant énergique; il agit vivement, en effet, sur tous les corps organiques; il les brûle à la température ordinaire; si je fais tomber quelques gouttes d'acide au maximum de concentration sur ce papier, immédiatement ce corps est percé à jour. Voici un verre contenant quelques centimètres cubes d'alcool : une ou deux gouttes suffisent, vous le voyez, pour l'enflammer. En s'unissant aux bases, l'acide chlorique forme des sels, jouissant de propriétés comburantes énergiques; une pincée de chlorate de potasse déflagre sur du charbon ardent; le soufre, le phosphore, le sulfure d'antimoine, les métaux mêlés à ces sels, puis frottés ou frappés sur une enclume, détonent avec violence.

L'acide chlorique rougit la teinture de tournesol; mais bientôt après il la décolore en la détruisant.

De tous les sels que forme cet acide, le chlorate de potasse est presque le seul employé; on l'obtient en faisant passer un courant de chlore dans une dissolution concentrée de potasse :

$$6Cl + 6KO = KO,ClO^5 + 5KCl.$$

*Analyse de l'acide chlorique.* — Cette analyse est fondée sur la propriété que possède le chlorate de potasse de se décomposer par la chaleur en oxygène et en chlorure de potassium, dont la composition est connue :

$$KO,ClO^5 = KCl + O^6.$$

On calcine donc un poids connu de ce sel dans une petite cornue de verre et on pèse le chlorure de potassium, résidu de l'opération. 100 parties de chlorate de potasse laissent ainsi un résidu de 60,84 de chlorure de potassium; la différence 39,16 représente l'oxygène contenu dans les 100 parties de chlorate de potasse. Ces deux nombres sont entre eux dans le rapport d'un équivalent de chlorure de potassium à six équivalents d'oxygène; le chlorate de potasse doit donc être représenté par la formule $KO,ClO^5$, et l'acide chlorique est formé d'un équivalent de chlore et de cinq équivalents d'oxygène :

| | | |
|---|---|---|
| Un équivalent de chlore..... | $Cl$ | = 35.50 |
| Cinq équivalents d'oxygène.... . | $50$ | = 40,00 |
| Un équivalent d'acide chlorique... | $ClO^5$ | = 75,5 |

Ainsi, l'acide chlorique a pour formule $ClO^5$ et pour équivalent le nombre 75,5.

*Préparation.* — L'acide chlorique se prépare en décomposant le chlorate de potasse par l'acide hydrofluosilicique.

$$\underbrace{3(KO,ClO^5)}_{\text{Chlorate de potasse.}} + \underbrace{2SiFl^3,3HFl}_{\text{Acide hydrofluosilicique.}} = \underbrace{3(ClO^5,HO)}_{\text{Acide chlorique.}} + \underbrace{2SiFl^3,3KFl}_{\text{Hydrofluosilicate de potasse.}}$$

On fait d'abord une dissolution chaude et concentrée de chlorate de potasse; on y verse peu à peu de l'acide hydrofluosilicique, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité. On filtre et l'on verse dans la liqueur de l'eau de baryte qui forme du chlorate de baryte soluble et de l'hydrofluosilicate de baryte insoluble, qu'on sépare du premier sel par le filtre. On fait tomber de l'acide sulfurique goutte à goutte dans le chlorate de baryte, tant qu'il se forme un précipité de sulfate de baryte. On filtre de nouveau pour séparer le sulfate de baryte et l'on a finalement une dissolution très-étendue d'acide chlorique qu'on évapore à un feu très-doux : on arrête l'évaporation au moment où la liqueur commence à jaunir. On obtient alors un liquide qui est constitué par de l'acide chlorique plus ou moins hydraté, coloré en jaune par des composés du chlore moins oxygénés.

Ed. Antelme, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 48. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 28 OCTOBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : De l'acclimatation. — Colonisation de l'Algérie.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique végétale.** — Cours de **M. Georges Ville** : Des fermentations.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : Composés oxygénés du chlore. — Acide chlorhydrique.

Paris, 27 octobre 1865.

La dernière séance de l'Académie des sciences a été fort courte et les communications très-peu nombreuses. Signalons particulièrement un travail sur les éthers boriques, des expériences sur la chaleur animale par M. Colin, professeur à l'École d'Alfort, une note de M. Béchamp sur les propriétés de la levûre de bière, et un mémoire sur le choléra qui nous a paru inspiré par des principes plus scientifiques que les autres travaux du même genre, présentés jusqu'ici à l'Institut ou à l'Académie de médecine.

Le ministre des affaires étrangères envoie à l'Académie trente-six objets de divers genres trouvés à Java à une grande profondeur au dessous du sol. Le ministre de l'instruction publique adresse une note de M. Foresi relative aux armes et ustensiles des époques antéhistoriques qu'il a découverts dans l'île d'Elbe.

Enfin, M. Chevreul a entretenu l'Académie de divers perfectionnements apportés dans les panoramas et dioramas, notamment par M. Langlois, à la suite de ses travaux sur le contraste des couleurs; ainsi que de plusieurs expériences photographiques exécutées à son instigation par M. Niepce de Saint-Victor. E. A.

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### ANTHROPOLOGIE (1).

COURS DE M. DE QUATREFAGES
(de l'Institut).

XV.

**De l'acclimatation.**

Nous avions précédemment établi que, dès les temps anciens, des relations avaient existé entre l'Asie et l'Amérique; il restait à rechercher si, du côté de l'Europe et de l'Afrique, l'Amérique avait été mise également en rapport avec l'ancien continent, et c'est ce que nous avons fait dans notre dernière leçon. En ce qui concerne l'Afrique, nous n'avons pu trouver de faits ni de traditions à l'appui de notre opinion; mais la présence de nègres précisément dans les points où viennent aboutir les courants, le transport constaté de corps flottants jusqu'en Amérique, sont des raisons de grande valeur. Et si nous sommes obligés de raisonner par induction pour démontrer l'arrivée des nègres en Amérique, il n'en est plus de même quand il s'agit des Européens. Ici nous avons les documents les plus précis, des dates certaines, des faits nombreux; tout démontre des relations bien antérieures à la découverte de Christophe Colomb.

Nous avons vu du Bouquet, poursuivant les baleiniers, arriver jusqu'à Terre-Neuve. Nous avons raconté l'histoire de saint Virgile, enseignant la sphéricité de la terre et l'existence d'un autre hémisphère habité. Les traditions galloises rapportent l'établissement dans le haut Missouri d'un prince nommé Madok et de ses compagnons dont la descendance existe peut-être encore. Mais c'est surtout sur les découvertes scandinaves que nous avons insisté. Il est certain que des

(1) Voy. les nos 33, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45 et 47.



Digitized by Google

Norvégiens découvrirent le Groenland soit en 770, soit en 985; qu'au commencement du XIe siècle ils avaient là deux colonies dont l'une prospéra jusqu'en 1400, époque à laquelle toute communication cessa entre elle et l'Europe et où l'on commença à l'oublier. En 1829, Graha, chargé d'en rechercher les traces, trouva au milieu des Esquimaux une population à taille élevée et au teint blanc, qui devait être issue de ces anciens Danois. Nous avons vu que, ne bornant pas leurs découvertes aux régions boréales, les navigateurs scandinaves étaient descendus jusqu'au Vinland; que Rafn, dans une carte qu'il a dressée des découvertes scandinaves en Amérique, en porte la limite à l'embouchure du Mississippi et à la Floride. — D'autres cartes, portant des dates antérieures à la découverte de Christophe Colomb, attestent que certains peuples européens connaissaient l'Amérique dans quelques-unes de ses parties.

Il est donc bien prouvé que l'Amérique eut, dans des temps très-reculés, des communications, certaines avec l'Asie et l'Europe, probables avec l'Afrique. Ainsi le fait de son peuplement par migration, possible d'après les considérations géographiques, devient évident par l'examen des faits. Nous pouvions donc conclure avec Lyell que l'Homme, fût-il réduit à une seule famille, fût-il sauvage et porté sur un point quelconque du globe, aurait fini par l'envahir tout entier.

De toutes nos leçons précédentes, il résulte que l'homme parti d'un centre de création placé en Asie s'est répandu partout, et a peuplé toutes les régions de la terre.

Ces migrations ont fait rencontrer des conditions d'existences différentes. Il fallait donc que cette espèce possédât l'aptitude nécessaire pour se plier à toutes ces conditions nouvelles, qu'elle fût capable de s'acclimater sur toute la surface du globe.

Le fait a été nié, et les polygénistes ont adopté, avec plus ou moins de réserves, plus ou moins explicitement, les opinions émises à ce sujet par le docteur Knox dans son livre intitulé : *The races of man*. Il faut avouer qu'il y émit franchement son opinion. Pour lui, l'homme ne peut croître que là où il est né; aucune race humaine ne peut subsister que dans le lieu où elle a été créée et pour lequel elle a été faite; le Gallois, par exemple, ne peut vivre en Hollande, le Hollandais ne peut vivre au pays de Galles. Son argumentation repose sur quelques faits et sur beaucoup d'hypothèses. Le simple exposé de quelques-unes de ses assertions démontrera qu'elles sont souvent fort étranges.

« Le Français, dit-il, n'a jamais pu encore ni vivre ni s'acclimater en Corse. » Cela peut être vrai pour les régions marécageuses de l'Est, très-insalubres. Mais que prouve ce fait? Le Corse n'y vit pas non plus. Autant vaudrait dire que l'Italien n'a jamais pu s'acclimater au milieu des marais Pontins.

Une colonie française, affirme-t-il encore, ne pourrait pas durer sur les bords du Danube. Ceci est une erreur complète. Lors de la révocation de l'édit de Nantes, des populations protestantes du Midi de la France se transportèrent dans ces contrées et y vivent encore.

nox soutient à plusieurs reprises que l'impossibilité de l'acclimatation se manifeste par une dégénérescence des races, et que cela s'observe dans les colonies de l'Amérique du Nord. Il en conclut que la population indigène des deux Amériques recouvrera, dans un temps plus ou moins éloigné, la supériorité politique dans ces contrées. Il est évident que les races, sous l'influence d'un milieu nouveau, se modifient; nous avons longtemps insisté sur ce fait dans le cours de l'année dernière et montré que chaque race européenne a, aux colonies, sa race dérivée. C'est ainsi que la race anglo-saxonne transportée en Amérique s'est transformée en la race yankee.

Mais pour s'être modifiées, les races n'ont pas dégénéré. Les Yankee ont toute l'activité, toute l'initiative, toute l'intelligence de leurs ancêtres. Les Français se sont modifiés aussi au Canada, mais ils n'ont pas dégénéré, car d'eux sont sortis ces *coureurs de bois*, si vaillants et si forts, qui luttent contre les éléments et les hommes. Ils ont gardé toute la vertu guerrière de leurs ancêtres, et ils l'ont montré dans leur résistance aux forces plus que triples de l'Angleterre.

Mais ces races qui n'ont pas dégénéré menacent-elles de s'éteindre? Ici, nous avons les statistiques qui nous fournissent réponse.

Nous pourrions invoquer l'accroissement très-rapide de la population aux États-Unis, mais nous ne voulons pas en faire un argument à cause de l'immigration qui envoie chaque jour de nouveaux colons dans ce pays.

Dans le Canada, au nord, le même inconvénient se présente; la race anglaise prêterait à la même objection. Mais les données fournies par la population française sont précises. Depuis le traité de Paris, en effet, c'est-à-dire depuis 1763, l'immigration française fut presque nulle sur cette terre qui n'était plus protégée par la France. Or, en 1763, la population française comprenait 70 000 habitants; en 1814, 275 000; en 1851, 695 945. Donc, malgré les conditions mauvaises de la conquête, malgré les luttes au début avec les Anglais, la population française s'y est quadruplée en cinquante et un ans, presque décuplée en quatre-vingt-huit ans. Ces chiffres sont empruntés aux recherches de M. Rameau sur ce sujet.

L'Acadie nous offre un exemple tout aussi remarquable. D'après M. Rameau, les Acadiens descendent à peu près tous de quarante-sept familles françaises comprenant environ 400 âmes en 1671. Il faut dire cependant que ces chiffres semblent fort exagérés, car en 1755 l'Acadie comprenait 18 000 habitants. Ils seraient devenus quarante-cinq fois plus nombreux en quatre-vingt-quatre ans, résultat étonnant et qui suppose des immigrations.

Quoi qu'il en soit, à la suite de la cession de l'Acadie à l'Angleterre, les colons acceptèrent mal cette autorité étrangère; il n'y avait pas de révoltes franches, mais un mauvais vouloir qui se montrait en toute occasion. Le gouvernement anglais prit alors une mesure odieuse. A un jour fixé, tous les chefs de famille furent saisis et exportés violemment dans toutes les directions. A cette époque, 6000 Acadiens furent ainsi exportés, 1500 se réfugièrent au Canada, 2500 disparurent. 1000 avaient donc quitté l'Acadie dont la population se trouvait ainsi réduite à 8000 âmes en 1755. Aujourd'hui cette population monte à 95 000 âmes; elle a plus que décuplé en un siècle. Ces chiffres répondent à l'opinion émise par Knox, que les Européens ne peuvent ni vivre ni se multiplier en Amérique.

Sans posséder de détails précis, nous avons beaucoup d'autres exemples à l'appui de notre thèse, pour des pays très-différents. Une population d'origine hollandaise a fondé Port-Natal et y vit très-florissante. En Australie, on pourrait invoquer l'immigration pour expliquer l'accroissement de sa population; mais, d'après le témoignage précis de M. Ramel, la fécondité y est remarquable, et, dans cette contrée, reparaîtrait même chez la femme après avoir disparu. M. Ramel nous

Digitized by Google

apprend, il est vrai, que la mortalité des enfants y est plus considérable qu'ailleurs, mais cette mortalité est plus que compensée par la fécondité. Nous reviendrons plus tard sur les phénomènes de cet ordre.

Donc, le blanc le mieux caractérisé, l'Anglo-Saxon et le Français du Nord et du Midi vivent et se propagent dans les deux hémisphères, aux Antipodes, en Australie, au Cap et sur le terrain des races les plus opposées. Il n'a donc pas été créé exclusivement pour l'Europe, et l'argument polygéniste tombe par cela seul.

L'homme, considéré comme espèce, est donc cosmopolite. L'espèce humaine est répandue partout. Cependant nous l'avons vue partir d'un point central; elle a dû, par conséquent, rencontrer sur sa route des conditions d'existence différentes, des milieux parfois opposés. Comment dès lors comprendre cette dispersion? Les notions acquises l'année dernière expliquent aisément le fait.

Quelque rapide que soit l'accroissement des populations, il faut des siècles pour envahir de grands espaces. Ce n'est qu'après un fort long temps que l'homme a rempli son centre de création. Il a alors débordé tout autour, gêné qu'il était dans cette contrée trop restreinte, et des voies naturelles l'ont envoyé dans toutes les directions.

Ici se sont immédiatement présentées les différences de conditions, soit vers la Sibérie, soit vers le fleuve Jaune, l'Inde et la Perse. Dès lors a commencé pour chaque horde envahissante la *lutte pour l'existence* et la *sélection naturelle*. La lutte pour l'existence, c'est l'effort de tout être vivant pour se plier aux conditions au sein desquelles il vit. Si l'harmonie s'établit entre le milieu et l'être, l'être vit par ses descendants, sinon il meurt ou ne se multiplie pas. Mais quand les conditions diffèrent autant que dans le Nord et le Midi, par exemple, il faut des aptitudes contraires aux hommes du Nord et aux hommes du Midi, et c'est ce qui constitue la sélection naturelle.

Mais pour chacune de ces masses d'hommes qui quittaient en s'irradiant leur centre de création, les conditions étaient différentes, et c'est ainsi que se sont formées les races.

Si l'on demande comment et pourquoi tel agent a produit telle modification, nous répondrons franchement que nous n'en savons rien.

Nous ne savons pas comment les plateaux d'Abyssinie noircissent la population, à tel point que M. d'Abadie a vu son domestique changer tellement de couleur en un mois qu'il ne le reconnaissait plus.

Nous ne savons pas comment l'Amérique du Nord a maigri et grandi l'Anglo-Saxon pour en faire un Yankee.

Nous ne savons rien de la cause de tout cela, mais nous savons que cela est. Et dans ces faits accomplis en un mois, en quelques années, nous trouvons l'explication du passé, la preuve que les races actuelles ont dû se faire par des procédés analogues.

Des leçons de l'année dernière, il résulte que ce ne sont pas seulement les caractères extérieurs qui s'adaptent au milieu et constituent ces races. Ces caractères-là ne sont que la traduction de modifications plus profondes et plus considérables. Chaque race a ses qualités physiologiques et anatomiques, ses aptitudes morales et ses prédispositions spéciales. Cette simple observation permet de résoudre un problème qu'elle soulève et dont l'importance est grande en théorie comme en pratique. C'est la question de savoir si une race quelconque peut s'acclimater dans un lieu quelconque. La race blanche, par exemple, peut-elle se substituer partout aux races inférieures?

Il faut d'abord préciser la question que l'on comprend mal d'ordinaire. Trop souvent on entend par acclimatement d'une race, que cette race transportée conservera absolument tous ses caractères. Ce n'est pas ainsi qu'il faut envisager la question. L'Européen, en Australie et en Amérique, change de conditions d'existence; il faut que son organisme se plie à ce changement; il se modifiera donc dans certaines mesures. L'acclimatement est en réalité la possibilité pour une race d'être transportée, de se reproduire dans ce nouveau milieu et d'y donner naissance à une race dérivée, mais conservant les caractères essentiels de la race première. La question doit donc être ainsi modifiée :

Une race quelconque peut-elle, dans un lieu quelconque, se propager et enfanter une race dérivée conservant les caractères fondamentaux de la race souche?

On a répondu négativement et affirmativement d'une manière absolue. Dans un cas comme dans l'autre, il y avait exagération. Il est incontestable que les races peuvent vivre ailleurs que là où elles ont été créées; mais il est incontestable aussi que, même chez elles, il est des localités où elles ne peuvent habiter sans dépérir. Sans sortir de la France, nous en trouvons des exemples dans le plateau de la Dombe qu'on assainit aujourd'hui; dans certaines parties marécageuses de la Bresse et de la basse Seine. Le Français ne peut vivre et prospérer dans ces régions malsaines. A plus forte raison si ces conditions s'exagèrent, et c'est ce qui a lieu, par exemple, autour des marigots du Sénégal ou des marais de Batavia, ne pourra-t-il s'y multiplier et prospérer.

Sans prendre ces extrêmes, on doit dans tous les cas s'attendre à certaines difficultés dans ces transports de races. Mais ces difficultés diffèrent suivant que, partant des zones tempérées, l'émigration marche dans tel ou tel sens.

En marchant suivant les parallèles à l'équateur, les difficultés sont d'ordinaire peu considérables. Rappelons ici les passages en Europe des Asiatiques, lors des invasions barbares; le transport du Français et de l'Anglais dans l'Amérique du Nord; celui des nègres dans les États-Unis du Sud. Il se présente cependant parfois des conditions locales importantes qui rendent en certains lieux l'habitation pénible, comme cela a lieu pour les nègres dans le golfe du Mexique.

Lorsque nous avançons du Sud au Nord, dans le sens du méridien, les difficultés croissent lentement, mais elles arrivent bientôt à être considérables. Nous n'avons pas encore atteint le pôle.

Ces difficultés s'exagèrent du Nord au Sud, et les changements de milieu dans cette direction sont brusques. L'action nouvelle se fait ici sentir très-rapidement, comme chacun le sait. Cette différence d'action s'explique par la nature différente de l'influence exercée sur les phénomènes physiologiques par le froid et le chaud. La chaleur par elle-même et par ses conséquences influe beaucoup plus que le froid sur l'économie. Le froid, en effet, amène une réaction et porte ainsi lui-même le remède au mal qu'il fait; on peut du reste s'en garantir. La chaleur au contraire est accompagnée d'humidité le jour et la nuit, de variations brusques auxquelles l'organisme est plus sensible, d'exhalaisons putrides qui empoisonnent l'air et rendent plus dangereuse la lutte pour l'existence. Donc du nord au sud les sacrifices que

Digitized by Google

l'homme devra faire au nouveau milieu seront plus considérables. Or, l'Européen qui émigre va presque toujours dans cette direction. Il passe d'ordinaire d'une région froide ou tempérée, dans une région chaude. Il devra donc faire à son nouveau milieu des sacrifices d'autant plus considérables que la différence sera plus grande.

De quelle nature seront ces sacrifices? Quelle sera leur étendue et leur durée?

Ici encore voyons, pour avoir la solution du problème, ce qui se passe chez les animaux et les végétaux.

Sans sortir de chez nous, nous trouvons une expérience curieuse qui a quelque analogie avec la question qui nous occupe. Tessier et Mounier semèrent au printemps du froment d'automne. La première année, les 100 grains qu'ils semèrent donnèrent 100 tiges, mais 10 tiges seulement nouèrent et 4 donnèrent des graines mûres. La deuxième année, 50 tiges donnèrent des grains, et la troisième année, toutes en portèrent. Il y eut donc ici sacrifice de générations, les individus continuant à vivre, et l'acclimatation complète exigea trois ans.

Dans cet exemple, le sol et le climat ne changent pas. Voici un autre fait comparable au premier, puisqu'il est encore question du froment, mais ici il y a transport d'un milieu dans un autre.

Lorsque les Anglais semèrent le froment à Sierra-Leone, la première année presque tout le semis fut de l'herbe, il y eut peu d'épis et des graines rares. La deuxième année, un très-grand nombre de grains périt, les survivants furent un peu plus féconds. — Ici aux sacrifices de générations se joignirent donc les sacrifices d'individus : il fallut plusieurs générations pour que le froment s'acclimatât complétement dans cette contrée.

L'effet de la lutte se manifeste donc dans la fécondité et dans la vitalité des descendants.

M. Roulin, qui étudia l'acclimatation de nos races domestiques en Amérique, nous a fourni des renseignements encore plus concluants et plus complets parce qu'ils portent sur les animaux. Les oies étaient arrivées sur le plateau de Bogota depuis vingt ans. Les pontes furent d'abord rares, on obtenait très-peu d'œufs dont à peine un quart arrivait à éclosion; plus de la moitié de ces petits mourait dans le premier mois. Après quelques générations les pontes réussirent moins mal, mais, après vingt ans, la fécondité de ces oies n'étaient pas encore parvenue à la puissance normale.

D'après Garcilassa de la Véga, un Inca auquel on doit de nombreuses observations, bien des années se passèrent avant qu'on eût des œufs féconds, des poules à Cusco. Quand Roulin s'occupa de ses recherches, les poules de Cusco étaient complétement acclimatées.

La race de Combat, importée depuis vingt ans dans ces contrées, n'y était pas encore acclimatée. Deux ou trois œufs au plus réussissaient sur une couvée.

De toutes ces observations il résulte, qu'un simple changement de saison respecte les individus, mais en diminue la fécondité: les sacrifices portent dans ce cas sur les générations. De même les Européens qui vont habiter l'Australie s'y portent bien, mais les effets de la lutte retombent sur leurs enfants qui meurent en grand nombre.

Quand les changements sont plus considérables, ils frappent en même temps et les individus et les générations.

Il en résulte enfin que ce n'est qu'après un nombre variable de générations que l'harmonie se rétablit entre le milieu et l'être vivant.

Telles sont les lois qui régissent l'acclimatation des animaux et des végétaux. L'homme doit les subir également. Sans doute, il est triste de le penser, mais n'oublions pas que les émigrations sont des conquêtes et qu'on n'a jamais fait de conquête sans sacrifices. C'est la loi de l'humanité. Ne soyons donc pas surpris de la voir appliquée à l'acclimatation.

## XVI.

### Colonisation de l'Algérie.

Nous avons commencé, dans notre précédente leçon, l'examen des questions relatives à l'acclimatation, qui repose, avons-nous dit, sur l'aptitude de l'espèce humaine à se plier aux exigences du milieu dans lequel elle vit. Cette aptitude fut niée par Knox, qui voit dans les modifications que subissent les individus transportés une dégénérescence. Il nous a été facile de montrer que le Yankee et le Français du Canada n'avaient point dégénéré, et nous avons prouvé par des chiffres que la puissance génératrice ne souffre nullement de ces modifications forcées du type.

Nous avons vu que ces changements, régis par deux principes que Darwin a appelés la lutte pour l'existence et la sélection naturelle, avaient formé les races. La relation de cause à effet pour ces formations nous est inconnue; mais, telles que nous les constatons de nos jours, les choses ont dû se passer dans les temps anciens. Nous avons fait observer que l'acclimatement ne nécessite pas la conservation de tous les caractères, mais admet, au contraire, la formation de races dérivées de la race souche. L'acclimatation est possible partout, mais non d'une manière absolue. Le blanc peut vivre sur les parties du globe les plus diverses, mais il y a des points mêmes dans son pays où il lui est impossible d'habiter. Enfin nous avons vu que, dans tous les cas, il doit faire des sacrifices au milieu nouveau qu'il occupe, et que l'importance de ces sacrifices varie avec la direction de l'émigration. Presque nuls suivant les parallèles à l'équateur, ils augmentent vers le Nord et s'exagèrent vers le Sud. Nous avons cherché de quelle nature étaient ces sacrifices, et l'examen de ce qui se passe chez les animaux nous a montré qu'ils sont de deux sortes, et portent sur les individus et sur les générations.

En recherchant ces lois de l'acclimatation chez les animaux et les végétaux, nous n'avons voulu nous appuyer que sur des faits d'acclimatation d'*espèces*, parce que ces exemples étaient plus frappants. Quand il s'agit de l'Homme transporté au milieu de conditions nouvelles, peut-on légitimement conclure qu'il sera soumis aux mêmes lois générales? Oui évidemment, car la race, en tant que possédant les conditions qui la mettent en harmonie avec le milieu où elle s'est formée, est un produit de ce milieu. Quand elle change d'habitation, elle se trouve absolument dans les mêmes conditions qu'une espèce qui s'éloigne de son centre de création. Or, l'expérience nous apprend qu'il est des espèces qu'on ne peut acclimater du sud au nord, ou du nord au sud; il est donc possible que le même fait se produise pour une race, et pour une race humaine; mais cela ne pourrait fournir aucun argument à la doctrine polygéniste. Une race entièrement assise en un lieu pourrait y avoir acquis des qualités telles que la lutte avec tel autre milieu lui fût à jamais mortelle. Une

Digitized by Google

autre race arrivée par d'autres voies dans ce même milieu pourrait, au contraire, y prospérer après une lutte plus ou moins prolongée. Les poules de Cusco étaient infécondes du temps de Garcilasso; elles étaient parfaitement acclimatées du temps de Roulin, alors que les poules de combat éprouvaient encore toutes les difficultés de l'acclimatation.

Voyons maintenant à étudier les difficultés qui s'opposent à l'établissement libre des êtres vivants dans de nouvelles contrées.

Toutes ces difficultés peuvent dépendre également de deux termes, toujours en présence dans la question de l'acclimatation : la nature de la race, le milieu dans lequel elle vient s'implanter. Le milieu restant le même, les races peuvent éprouver plus ou moins de difficultés à s'acclimater. C'est ainsi qu'aux États-Unis du Sud la race blanche d'Europe ne peut cultiver le sol, au moins dans une certaine mesure. Certaines cultures, celles du coton et de la canne à sucre par exemple, lui sont funestes. Dans ces mêmes régions, au contraire, la race noire vit très-bien et accomplit sans peine ces travaux que les Européens ne peuvent supporter.

En second lieu, la race restant la même, les milieux peuvent offrir des difficultés très-variables, bien que les conditions générales paraissent semblables ou identiques. La race nègre nous en offre un exemple frappant. On a répété partout que le nègre importé dans les régions chaudes de l'Amérique s'y acclimatait parfaitement. Cette proposition n'est vraie que pour certaines régions; pour d'autres, elle est tout à fait fausse, au moins dans les conditions actuelles.

En effet, les États-Unis du Sud ont fourni un milieu favorable aux nègres transportés, et nous connaissons les tristes effets de cette acclimatation. La population nègre y vit si bien que les États du Sud abolirent la traite sur leur territoire, non pas dans un but moral d'humanité, les faits ont assez prouvé le contraire, mais par raison d'intérêt. Les nègres s'y reproduisent, en effet, si bien, qu'il n'était pas nécessaire de les aller chercher ailleurs, la Virginie, entre autres, élevant des esclaves comme notre Normandie élève les bœufs. Cependant, parmi tous les États du Sud, un seul, la Floride, d'après M. Casimir Leconte, fait exception : les nègres éprouvent de grandes difficultés à s'y acclimater.

Les Antilles anglaises présentent un résultat inverse de celui qui nous est offert par les États-Unis du Sud. Là, en effet, la population nègre décroît d'une manière tellement sensible, que le colonel Talloch a pu dire qu'avant un siècle la race nègre aura presque cessé d'exister dans les colonies anglaises des Indes occidentales. M. Boudin a confirmé l'opinion du colonel Talloch, et il s'appuie sur des résultats auxquels l'ont conduit des recherches statistiques entreprises à ce sujet. Deux localités au milieu des autres font pourtant exception : là le nombre des naissances l'emporte sur celui des décès, ce qui rend manifeste les actions diverses qu'un même milieu ou des milieux très-voisins peuvent exercer sur une même race.

La Guadeloupe et la Martinique, les deux colonies françaises du golfe du Mexique, présentent un contraste plus frappant encore, car, tandis qu'à la Martinique le chiffre des naissances l'emporte sur le chiffre des décès, le contraire a lieu à la Guadeloupe.

On voit donc que la question d'acclimatation, envisagée au point de vue pratique, soulève autant de problèmes qu'il existe de races et de milieux. Comme il nous est impossible de les examiner tous, nous devons borner notre étude à un point du globe qui nous intéresse spécialement. Des faits particuliers que nous y observerons donneront souvent lieu à des remarques plus générales.

Nous voulons parler de l'Algérie, notre grande colonie vers laquelle sont tournées toutes les préoccupations du moment.

L'Algérie peut-elle être colonisée par la France? Le Français peut-il s'acclimater en Algérie, pour en faire, suivant une expression qu'on a employée, une France du Midi? A cette question, Knox a naturellement répondu par la négative. Malheureusement, il a pu invoquer, à l'appui de son opinion, les noms des généraux Cavaignac, Bugeaud, Duvivier, Thomas, Fabvier, Castellane; des médecins Trolliet, Bodichon, Bertherand, Vital, Périer, qui est en même temps un anthropologiste très-distingué; et il faut compter avec de pareilles autorités. Le docteur Boudin a encore apporté à l'opinion de Knox le secours de ses chiffres désolants. Devant tous ces témoignages, il n'est pas possible de ne pas s'effrayer. Il est permis de se demander si l'espoir de la colonisation de l'Algérie n'est pas un rêve; si les sacrifices que s'impose la France dans ce but ne sont pas à jamais perdus. — Voyons ce qu'il en est.

M. Boudin a comparé les décès et les naissances de 1833 à 1854. Dans ces vingt et un ans, seule l'année 1853 a présenté un excédant de naissances, et il en conclut avec raison que l'accroissement de la colonie tient uniquement à l'immigration constante et non à l'acclimatement. Faut-il admettre ces conclusions et croire, avec Knox et tant d'autres, que l'Européen, le Français, doivent renoncer à peupler l'Algérie? Nous répondons *non* avec conviction, et c'est dans les chiffres mêmes de M. Boudin que nous trouverons la raison de cette réponse.

Nous avons vu que les sacrifices que fait une race transportée à son milieu nouveau portaient sur les individus et les générations. Les sacrifices d'individus sont évidemment fort considérables en Algérie, et les comptes rendus sur l'état sanitaire de nos soldats le démontrent assez. Nous savons que les généraux que nous citions tout à l'heure ont mis l'accroissement du chiffre de la mortalité dans l'armée parmi les raisons qui leur faisaient déclarer impossible l'acclimatation en Algérie. Laissons pour le moment ce côté de la question.

Nous avons aussi établi, d'après l'expérience et l'observation, que les difficultés de l'acclimatation se manifestaient par une diminution, parfois presque l'annihilation de la fécondité, et ces sacrifices de générations sont le fait le plus important dans la question actuelle. En est-il ainsi en Algérie? Le Français en Algérie voit-il décroître sa puissance génératrice? M. Boudin lui-même nous tranquillise sous ce rapport, car ses chiffres montrent le contraire.

Mais il ne suffit pas que des enfants naissent, il faut encore qu'ils vivent. Ici les chiffres sont loin d'être aussi satisfaisants; mais, quelque tristes qu'ils soient, ils ne justifient pas les prévisions désespérantes de quelques auteurs.

D'après Knox, de la naissance à quinze ans, sur 100 enfants, il en meurt en Angleterre 26; en Algérie, il en mourut 45 : minimum, en 1842, 78; maximum en 1845; cependant, une année, le chiffre des décès monta exceptionnellement à 95. La moyenne des décès est donc de 61,5 pour 100 naissances. Ce chiffre est effrayant, surtout comparé au chiffre des décès en Angleterre. Mais Knox ne dit pas à quel auteur il a emprunté cette dernière moyenne; c'est probablement aux sta-

Digitized by Google

tistiques de J. Milne pour la ville de Carlisle, la plus favorable de toutes, celle qui donne la plus faible mortalité. La table de Morgan, calculée pour Northampton, donne pour le même âge 53,5 comme moyenne des décès. En ce qui concerne la France, la table de Mathieu, pour des têtes choisies, nous donne 29 décès et celle de Duvillard 46. Si nous prenons la moyenne de ces quatre résultats, nous verrons qu'en France et en Angleterre cette moyenne est de 39,5 pour 100 enfants; seules, les deux statistiques relatives à la France donnent 38 morts. En admettant, sans la discuter, la moyenne de 61 décès en Algérie, ce chiffre, qui témoigne de la mortalité des enfants, est certainement encore fort triste; mais il a perdu cette supériorité effrayante que lui donnait le terme de comparaison fourni par Knox.

De plus, nous voyons qu'après ces 61 décès il est encore les 4 dixièmes ou les 2 cinquièmes du nombre des enfants dont on a constaté les naissances. Or, la durée moyenne de la vie, d'après Bernaville, est de 36 ans; d'après M. Charles Dupin, cette moyenne a augmenté de 11 ans, ce qui la reporte à 47 ans. Or, nous avons vu les poules à Cusco être presque inféconds, les oies à Bogota ne donner que 1 huitième de petits vivants après le premier mois. En Algérie, au contraire, la fécondité s'accroît, et, après le premier tiers de la vie, il reste encore 2 cinquièmes des enfants. L'avantage est donc tout entier de ce côté.

Les poules et les oies, malgré ces sacrifices plus considérables, se sont acclimatées à Bogota. Le Français s'acclimatera de même en Algérie.

C'est la conclusion à laquelle le professeur s'était arrêté il y a quatre ans. Aujourd'hui il lui est permis d'être encore plus affirmatif. Les fils des premiers colons ont, en effet, commencé à produire, et, en 1856, le chiffre des naissances a dépassé celui des décès. Ceci ressort des recherches de M. Léonce de Lavergne, dont le nom fait autorité en cette matière. Nous pouvons donc affirmer que les races européennes prendront pied et s'acclimateront sur le sol algérien; nous pouvons être sûrs que le sang français n'y aura pas coulé en vain.

Toutefois, les résultats statistiques que nous venons d'exposer indiquent la nécessité de sacrifices que faisaient prévoir la doctrine générale exposée plus haut et les exemples pris chez les animaux. Il est donc important de rechercher les moyens à employer pour les diminuer, s'il est possible.

Une première question se présente ici.—La France ayant des climats très-variés, est-il indifférent d'envoyer en Algérie des Français de tout le territoire? Cette appréciation est sans doute difficile. Mais les statistiques qui ont été faites comparativement en Algérie pour les Français et les étrangers nous fournissent de précieux renseignements sur ce sujet. M. Boudin a calculé la moyenne de la mortalité de 1847 à 1853 pour les Français et les étrangers, et il a trouvé sur 1000 : pour les Français, 61,8; pour les étrangers, 47,8. M. Boudin croit avec raison que cette différence considérable tenait à l'origine méridionale de la plupart de ces étrangers.

Les recherches de MM. Martin et Foley, publiées dans leur *Histoire statistique de la colonisation algérienne*, confirment cette opinion. Leur tableau montre, en effet, par le chiffre des naissances, que les étrangers du Nord sont bien moins nombreux que ceux du Midi; par le rapport des décès aux naissances, que ceux du Nord sont plus frappés. Il montre enfin que les Français, que l'on peut considérer comme habitant une région intermédiaire, ont aussi une mortalité moyenne. De là il ressort cette conséquence toute naturelle, qu'il faut surtout prendre les colons dans le midi de la France. Il est évident que la population française résume tous les types étrangers qui l'entourent : l'Alsacien et le Flamand se rapprochent de l'Allemand et du Belge; le Catalan, le Provençal, le Corse, ont tous les caractères de l'Espagnol, du Sarde et du Maltais. Cela établit des différences naturelles dont on doit tenir compte dans la question de la colonisation de l'Algérie.

Continuons l'examen de quelques résultats statistiques, et cherchons-en la signification.

Sans donner de rapports précis, MM. Martin et Foley constatent qu'en Algérie la mortalité est plus grande dans les campagnes que dans les villes. Ce résultat est fort curieux, car c'est précisément le contraire qui, d'après M. Boudin, existe en France, où la mortalité est en raison directe de l'accumulation. Dans la période de 1846 à 1850, la moyenne des décès sur 1000 fut de 24 pour la France entière; 26,8 pour l'ensemble des villes, Paris compris; 40,9 pour Paris seul. Il faut donc qu'en France la mortalité modérée des campagnes mitige la mortalité excessive des villes, et de Paris surtout. Pour que le contraire ait lieu en Algérie, il faut admettre que la campagne algérienne a quelque chose de délétère que n'a pas la nôtre.

La conséquence pratique à tirer de cette observation, c'est que l'émigrant ne devra pas se fixer d'abord à la campagne. Il devra commencer par séjourner, autant que possible, dans les villes, où il trouvera moins d'obstacles à son acclimatation.

Quelle peut être la cause de cette différence entre l'Algérie et la France? Nous laissons de côté les régions marécageuses, dont l'insalubrité exceptionnelle est manifeste et ne peut nous arrêter. Mais le colon des campagnes défriche, et se trouve ainsi placé sous l'influence paludéenne. Ceci s'observe dans les contrées où l'acclimatement est le plus facile, dans l'Amérique du Nord par exemple, où la fièvre de défrichement est bien connue. En Algérie, cette mauvaise condition s'exagère par la chaleur, et, si l'on y joint les marais, nombreux dans ces campagnes, on a une explication suffisante de ce fait anormal, démontré par les statistiques.

Les mêmes considérations sont applicables à deux autres résultats que nous allons indiquer. En général, les conditions d'insalubrité se trouvent le long des rivages; les montagnes présentent un lieu d'habitation plus sain. Ce fait général est évident pour la France, où les points les plus insalubres sont sur les bords de la mer, et il suffit de rappeler ici le littoral de Nîmes à Montpellier, où la fièvre intermittente est endémique; Cette, etc. Il en est de même à l'étranger : citons seulement, en effet, les marais de Batavia, les marigots du Sénégal. Rappelons-nous ce qui se passe dans l'Inde, où les officiers anglais malades sont envoyés dans la montagne. Or, c'est précisément le contraire qui a lieu en Algérie : le littoral est plus salubre que les régions montagneuses. Les colons devront donc s'y installer de préférence.

La cause est encore la même : à l'intérieur, les vents, de quelque côté qu'ils soufflent, apportent les effluves paludéennes du défrichement; sur le littoral, au contraire, les vents qui viennent de la mer arrivent purs et écartent les miasmes.

En tenant compte de ces considérations, empruntées aux mouvements de l'atmosphère, on s'expliquerait, croyons-

Digitized by Google

nous, facilement beaucoup de faits particuliers observés dans l'étude de l'acclimatation. Indépendamment des conditions générales, il existe, en effet, des conditions particulières et locales dont il faudra tenir compte dans le choix de l'habitation. Nous avons déjà vu ces influences locales s'exercer sur des îles ou des parties du continent. M. Boudin nous a appris qu'elles existent en Algérie pour des points fort restreints. Il donne, en effet, la moyenne des décès et des naissances pour 144 localités. Dans l'immense majorité, les décès l'emportent; mais, dans un petit nombre, ce sont les naissances. Il faudra donc rechercher ces points privilégiés et s'y installer de préférence (1).

Après toutes ces considérations, faut-il, avec Knox, avec les généraux et les médecins cités, conclure que l'Européen et le Français ne pourront jamais s'acclimater en Algérie? M. Boudin lui-même ne va pas jusque-là. On lui a, à tort, prêté cette opinion; il dit seulement : « L'acclimatement du Français à l'état d'agriculteur n'a que la valeur d'une simple hypothèse. » Ce que dit M. Boudin pourrait se dire de tout ce qui commence.

Dans la question de l'Algérie, comme dans toutes les autres, on oublie trop facilement un élément indispensable : le temps. Involontairement l'homme prend sa vie pour unité; ce qui doit durer une portion de sa vie lui semble bien long; ce qui doit durer autant que lui, lui semble l'éternité. Et pourtant, qu'est une vie d'homme dans la vie d'une race de l'humanité?

Il ne faut pas perdre de vue cette idée dans l'examen des questions relatives à la colonisation. Nous savons que toutes les acclimatations exigent des sacrifices portant et sur les individus et sur la reproduction de la race; nous savons que ces sacrifices se prolongent pendant de nombreuses générations. Or, combien s'est-il écoulé de générations depuis la conquête de l'Algérie? Une à peine, c'est-à-dire que les chiffres actuels ne sont encore rien pour l'expérience proprement dite et n'indiquent que le point de départ.

Cependant, il en est déjà de très-rassurants qui font prévoir le résultat. La fécondité a été augmentée. Dès le début, les 2 cinquièmes des enfants ont atteint le tiers de la vie moyenne, tandis qu'un huitième seulement des poules de Bogota vivaient après le premier mois. Nous pouvons donc affirmer que l'acclimatation des Français en Algérie est possible, et qu'elle sera moins longue et moins coûteuse que les acclimatations des animaux et des plantes que nous avons cités.

C'est une loi générale dans l'histoire du monde que chaque siècle récolte les moissons qu'ont semé pour lui les siècles passés, et qu'en même temps il sème pour l'avenir. Chaque époque a son rôle et prépare la suivante. Qu'importent donc nos sacrifices actuels s'ils doivent être compensés par le résultat! — L. Hailes.

(1) Le professeur a mis sous les yeux de ses auditeurs tous les tableaux statistiques qui fournissent les éléments de cette discussion; mais on comprend que nous ne pouvons les reproduire ici.

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## PHYSIQUE VÉGÉTALE (1).

### COURS DE M. GEORGES VILLE.

### VII.

#### Les fermentations.

Les notions que je vous ai présentées, dans la dernière séance, sur les transformations des matières albuminoïdes et notamment du gluten, bien que très-sommaires, suffisent cependant pour vous montrer combien sont curieux et remarquables ces phénomènes de métamorphoses sur la production desquels les affinités réciproques des corps réagissants se manifestent avec un caractère tout spécial. Aucune des théories proposées jusqu'ici pour rendre compte de ces mystérieux effets, que nous avons désignés sous le nom de *fermentations*, ne nous paraît avoir tenu un compte suffisant de tous les faits observés, et toutes ont surtout le défaut de vouloir ramener à une explication unique des phénomènes dont la cause originelle est souvent très-différente.

Pour justifier à vos yeux l'explication de ces phénomènes, il est nécessaire de prendre les choses d'un peu haut, de remonter aux diverses catégories d'effets qui résultent de l'action réciproque des corps pour rattacher ensuite à chacune d'elles les fermentations qui en dépendent. Cette méthode un peu longue, il est vrai, aura cependant l'avantage inappréciable de nous conduire à la théorie des effets que nous voulons approfondir aujourd'hui par la voie de leur classification rationnelle.

Tout ce qui est matière, c'est-à-dire formé de parties tangibles et saisissables, est susceptible de mouvement et de combinaison. Les résultats variés de l'action réciproque des corps se manifestent, dans la nature, par deux ordres principaux de phénomènes : à distance les corps tendent à se porter les uns vers les autres, sollicités par une force unique qui est connue sous le nom d'attraction ou de pesanteur et qui règle les révolutions sidérales. Les effets de la pesanteur sont indépendants de la nature spécifique des corps, ils obéissent à une loi mathématique très-simple, formulée pour la première fois par Newton, dans laquelle interviennent seulement la masse et la distance. Au contact, les phénomènes sont plus complexes. La masse n'exerce plus qu'une influence secondaire, la nature spécifique des corps vient au contraire se placer au premier plan. Les masses réagissantes sont-elles de même nature? Elles tendent à s'unir pour n'en former qu'une seule, homogène et identique avec les premières, sous l'empire d'une attraction spéciale que l'on nomme *cohésion* et qui retient les particules d'un même corps enchaînées les unes aux autres. C'est la cohésion qui conserve à un bâton de soufre la forme qu'il a prise dans le moule et à une barre de fer, celle que lui a donné le marteau. C'est encore elle qui permet de réunir deux morceaux de soufre en un seul en les fondant ensemble, ou de souder deux barres de fer l'une à l'autre après les avoir chauffées jusqu'à ramollissement, presque à leur point de fusion.

Si les corps mis en présence sont, au contraire, de nature

(1) Voy. les nos 32, 36, 38, 39, 44 et 46.

Digitized by Google

différente, il peut arriver que leur attraction réciproque l'emporte sur leur cohésion respective. Alors les deux masses s'attirent et se confondent en une seule, les corps primitifs perdent leurs propriétés et le produit de la réaction présente des caractères souvent fort éloignés de ceux de ses générateurs. Ce nouveau genre d'attraction, qui s'exerce entre des corps dissemblables, a reçu le nom d'*affinité*, et les produits qui en proviennent sont le résultat d'une *combinaison*.

Faites fondre du soufre et plongez-y un barreau de fer. Celui-ci disparaîtra rapidement et la masse refroidie ne présentera plus aucun des caractères du fer ni du soufre, mais bien ceux d'un corps nouveau, d'une combinaison de fer et de soufre, du sulfure de fer. La cohésion et l'affinité sont deux forces antagonistes, car la première condition à remplir pour permettre à la seconde de s'exercer est d'annuler ou au moins de diminuer considérablement les effets de la première. Tant que le soufre et le fer restent à l'état solide, ils ne se combinent pas, quelle que soit d'ailleurs la ténuité des masses que l'on met en présence ; c'est que la cohésion de chacun d'eux l'emporte sur leur affinité réciproque. Mais que, par la chaleur, on amène le soufre à l'état liquide, ce qui revient à diminuer considérablement sa cohésion, et alors, la combinaison est immédiate parce que l'affinité est devenue prépondérante.

Comme toutes les forces de la nature, la cohésion est susceptible de plusieurs degrés d'intensité. Nous venons de voir que la chaleur, en faisant passer le soufre à l'état liquide, avait diminué sa cohésion. Les liquides, dont les particules sont mobiles les unes sur les autres et qui n'ont par eux-mêmes aucune forme déterminée, sont, en effet, beaucoup moins cohérents que les solides. Les gaz sont absolument privés de cohésion, leurs molécules sont au contraire douées d'une force de répulsion telle que, loin de tendre à l'agrégation, elles sont susceptibles d'une diffusion indéfinie. Aussi les états liquides et gazeux se prêtent-ils tout particulièrement aux combinaisons, c'est-à-dire à l'exercice de l'affinité. Parmi les corps solides eux-mêmes, les degrés de cohésion sont aussi fort variés. La plupart de ces corps ne se brisent que sous un certain effort ; il en est même, comme le diamant, qui présentent aux actions mécaniques une très-grande résistance. Mais il en existe aussi dont la cohésion est d'une telle instabilité que le plus léger choc, la moindre vibration communiquée à leur masse suffit pour déterminer instantanément leur désagrégation. Comme exemple de ces derniers, je vous citerai les larmes bataviques. On appelle ainsi de petites masses de verre que l'on a obtenues en faisant tomber dans l'eau froide une goutte de verre fondu. La trempe a tellement modifié l'état d'agrégation des particules que, si vous cassez la pointe de ce petit système, il se produit une faible détonation et toute la masse se réduit en poussière.

Comme la cohésion, l'affinité qui enchaîne des molécules hétérogènes dans les combinaisons offre des degrés variables d'intensité. Il y a des corps dont les constituants sont unis par une si faible affinité, que le moindre frottement suffit pour déterminer leur séparation. La décomposition est quelquefois si soudaine qu'elle est accompagnée de détonations capables de produire des accidents redoutables. Les chlorure, bromure et iodure d'azote en sont de remarquables exemples. Lorsque la larme batavique éclate, il y a simple désunion mécanique de la masse de verre en une multitude de parties de même nature. Dans la détonation de l'iodure d'azote, il y a séparation des deux éléments iode et azote dont la stabilité est infiniment plus grande que celle de leur composé. Ici les produits de la décomposition ne sont plus de même nature que le corps décomposé.

Suivons les conséquences de ces faits. L'oxygène et l'hydrogène s'unissent en deux proportions différentes : la première HO est l'eau ordinaire, protoxyde d'hydrogène des chimistes ; la seconde $HO^2$, contenant juste le double d'oxygène, est le bioxyde d'hydrogène ou l'eau oxygénée. Ce dernier corps présente des particularités remarquables. Mis en contact avec du platine, il se décompose immédiatement, en perdant la moitié de son oxygène et cela sans que le platine subisse lui-même la moindre altération. L'osmium produit le même effet, mais avec une énergie plus grande encore, et vous remarquerez que ni le platine ni l'osmium ne sont des métaux directement oxydables. Ce n'est donc pas l'affinité de ces corps pour l'oxygène qui a pu déterminer la décomposition de l'eau oxygénée. Ce qui, d'ailleurs, prouve bien que c'est là un phénomène indépendant de l'affinité, c'est que des métaux beaucoup plus avides d'oxygène, le fer, le zinc, sont impuissants à le produire. Cette décomposition présente avec celle de l'iodure d'azote beaucoup d'analogie, cependant elle en diffère essentiellement en ce que, pour l'iodure, il suffit de la plus légère vibration, tandis que pour l'eau oxygénée il faut le contact d'un corps déterminé.

Si surprenant que puisse paraître ce phénomène, l'eau oxygénée en fait naître de plus étranges encore. Au contact de l'oxyde d'argent, elle est pareillement décomposée. Comme avec le platine et l'osmium, elle perd un équivalent d'oxygène et repasse à l'état d'eau ordinaire ; mais, chose remarquable, l'oxyde d'argent se décompose aussi. Il perd la totalité de son oxygène et se réduit à l'état d'argent métallique. L'oxyde d'or produit les mêmes effets. Le peroxyde de plomb décompose aussi l'eau oxygénée en se réduisant lui-même à l'état de protoxyde de plomb. Ici encore l'affinité ne peut expliquer le phénomène. Comment, en effet, concevoir, avec ce que nous savons de cette force, qu'un corps dont la décomposition produit de l'oxygène, opère la réduction d'un corps oxygéné. Ou il faut nier l'expérience, ou il faut admettre, à côté des combinaisons et des décompositions réglées par les lois ordinaires de l'affinité, l'existence de phénomènes de même nature que ces lois n'expliquent pas. Bien que la cause de ces effets nous échappe, ne pouvant les révoquer en doute, et forcés de les admettre momentanément sans les expliquer, nous en feront une catégorie à part, nous bornant à rappeler dans son énoncé les conditions qui les déterminent.

En outre des décompositions chimiques produites par les affinités des corps dissemblables, nous sommes donc conduits à admettre : 1° des décompositions par *effet de contact*, comme la réduction de l'eau oxygénée par le platine ; 2° des décompositions par *communication de mouvement*, comme la réduction réciproque de l'oxyde d'argent et de l'eau oxygénée.

Nous sommes arrivés à poser ces principes au moyen de faits bien connus et parfaitement définis, tous empruntés à la chimie minérale. Nous allons maintenant en rencontrer de semblables dans le monde des êtres vivants.

Si on laisse tomber dans l'eau oxygénée de la gomme, du sucre, de l'acide tartrique, des filaments de chanvre, de l'albumine coagulée, il ne se produit pas de décomposition. Mais que l'on substitue à ces corps de la fibrine extraite du sang, l'eau oxygénée se décompose, exactement comme avec

Digitized by Google

le platine, et pas plus que lui la fibrine n'est attaquée par l'oxygène qui se dégage. Certains corps organiques peuvent donc produire des *effets de contact* aussi bien que les métaux dont nous avons précédemment parlé.

Presque tous les fruits parvenus à maturité contiennent une matière visqueuse, soluble dans l'eau, très-analogue à la gomme, que l'on désigne sous le nom de pectine. Or, si l'on mélange à du jus de poires mûres, qui contient beaucoup de pectine, un peu de suc de carottes, et qu'on expose le tout dans un lieu frais, au bout de sept à huit heures la totalité de la pectine a disparu. On trouve à sa place un corps gélatineux, insoluble dans l'eau, c'est l'acide pectique. Que s'est-il donc passé? Quelque chose de complétement analogue à la réduction de l'oxyde d'argent par la décomposition de l'eau oxygénée.

Le jus de carottes contient, en effet, une matière azotée, la pectase, qui s'altère avec une grande facilité au contact de l'air et dont l'altération détermine la transformation de la pectine en acide pectique, qui est isomère avec elle et n'en diffère que par son état physique. Ce changement s'étant produit sous l'influence de la matière azotée en voie de décomposition, nous les rangerons parmi les effets de *communication de mouvement.*

La transformation de l'amidon en sucre sous l'influence du gluten en décomposition appartient au même ordre de phénomènes dont je puis vous citer encore d'autres exemples.

L'essence de moutarde noire ainsi que l'essence d'amandes amères ne préexistent pas toutes formées dans les graines d'où on les extrait. Elles s'engendrent lorsqu'on met la farine de ces graines en contact avec l'eau froide ou tiède. Leur formation est encore due à des communications de mouvement. Il existe, en effet, dans la moutarde noire un sel particulier découvert par M. Bussy et qu'il a désigné sous le nom de *myronate de potasse.* La même semence renferme aussi une matière azotée que l'on a nommée myrosine. Or, cette myronise subissant au contact de l'eau une certaine altération, détermine la transformation du myronate de potasse en essence de moutarde. Ce qui prouve qu'il en est réellement ainsi, c'est qu'on peut extraire le myronate de potasse de la moutarde noire et que, mis en contact avec une infusion de moutarde blanche qui ne contient que de la myrosine, il est immédiatement transformé en essence de moutarde, que l'infusion de moutarde blanche est impuissante à produire par elle-même. Les amandes amères donnent lieu à des phénomènes analogues. Elles renferment en même temps une matière cristallisable, neutre et insipide : l'*amygdaline*, et une matière azotée altérable : la *synaptase.* Au contact de l'eau, la synaptase entre en décomposition et communique son mouvement à l'amygdaline qui, elle-même, se dédouble en essence d'amandes amères et en d'autres produits.

Ces deux exemples diffèrent des précédents en ce que les essences de moutarde noire et d'amandes amères ont une composition beaucoup plus simple que le myronate de potasse et l'amygdaline leurs générateurs, tandis que la transformation de la pectine en acide pectique se borne à un changement isomérique et celle de l'amidon en glucose à une simple fixation d'eau.

A côté des fermentations par communication de mouvement liées par une étroite analogie à certains phénomènes de la chimie minérale, il en est d'autres essentiellement propres au monde organisé et dont les faits que je viens de vous exposer ne peuvent encore donner aucune idée.

Le phénomène le plus anciennement connu sous le nom de fermentation est la transformation du jus de raisin en liqueur alcoolique. Or, l'alcool ne se produit ici qu'aux dépens du sucre contenu dans le raisin et sa formation est accompagnée d'une élévation de température et d'un dégagement tumultueux de gaz acide carbonique.

Cette réaction a dès longtemps attiré l'attention des chimistes, et Gay-Lussac, dans le but de s'en rendre compte, fit l'expérience suivante : il introduisit sous une cloche pleine de mercure une grappe de raisin, après l'avoir maintenue quelques instants plongée dans le mercure pour chasser la plus grande partie de l'air adhérent aux graines. Du gaz acide carbonique était ensuite introduit et soutiré à plusieurs reprises, afin d'enlever jusqu'à la moindre trace d'air atmosphérique, puis, au moyen d'une baguette de verre, les graines de raisin étaient écrasées. Ainsi mis à l'abri du contact de l'air, le jus de raisin se conserve indéfiniment sans fermenter. Vient-on à faire passer sous la cloche quelques bulles d'air, il se manifeste bientôt un dégagement de gaz et le sucre fermente. C'est donc sous l'influence de l'air que se manifeste le phénomène, mais comment l'air y est-il intervenu et quelle est sa véritable fonction? Il est plus facile de poser cette question que d'y répondre. Ce que nous pouvons dire cependant, c'est que la fermentation du jus de raisin présente deux effets distincts bien que simultanés. Le premier consiste dans la formation d'un dépôt granuleux qui se rassemble au fond du vase lorsque l'action se ralentit; le second est la décomposition du sucre et la production à ses dépens de quatre corps nouveaux : de l'alcool et de l'acide carbonique en grande quantité, de la glycérine et de l'acide succinique en faibles proportions.

L'étude microscopique de l'espèce de lie qui se forme pendant la fermentation a fait reconnaître qu'elle se composait de corpuscules indépendants, constitués par des cellules qui se multiplient par voie de bourgeonnement. Chaque globule donne naissance à un ou plusieurs bourgeons qui bientôt en engendrent eux-mêmes de nouveaux. Ainsi se forment des chapelets multiples, dont la rupture met en liberté les granules qui les composaient. C'est évidemment là le caractère d'une véritable végétation cryptogamique. Chacun des globules que nous venons de décrire est donc un être vivant dont l'existence suit un cours régulier. Mais que peut-il y avoir de commun entre la formation de ce végétal microscopique et la transformation chimique du sucre qui s'accomplit en même temps? La production simultanée des deux phénomènes ne serait-elle pas une simple coïncidence? Les faits suivants vont nous éclairer à ce sujet.

La bière s'obtient par la fermentation d'une infusion d'orge germée, à laquelle on ajoute une infusion de houblon. Pendant la germination de l'orge nous savons ce qui arrive : le gluten s'altère et passe en partie à l'état de diastase. La germination étant suspendue par une dessiccation rapide et les grains d'orge réduits en farine, si l'on fait infuser celle-ci dans de l'eau à 50 ou 60 degrés, la diastase opère la saccharification de la fécule et il se forme une dissolution de sucre contenant de la diastase et du gluten en voie d'altération. Il suffit d'ajouter à ce liquide l'infusion de houblon pour obtenir ce que les brasseurs appellent le moût de bière. Abandonné à lui

Digitized by Google

même à une température de 25 degrés environ, ce moût ne tarde pas à fermenter et le sucre qu'il contient se transforme comme celui du jus de raisin en alcool, acide carbonique, glycérine et acide succinique. Mais ici encore il se produit une abondante écume qui se dépose à la fin de l'opération sous forme de lie et qui est identique avec celle que nous avons décrite. Entre la fermentation du moût de bière et celle du jus de raisin, il n'y a que cette seule différence, que dans la première la formation de cette lie, qu'on nomme levûre, est beaucoup plus abondante.

Quelles que soient les circonstances dans lesquelles le sucre fermente, on retrouve toujours, en même temps, la présence de la levûre, comme dans les deux exemples que nous venons de citer. Cette observation nous amène forcément à admettre l'existence d'une corrélation quelconque entre les deux phénomènes. Mais voici une expérience qui va nous éclairer plus complétement. Prenons cette levûre qui s'est déposée pendant la fermentation de la bière et, après l'avoir lavée rapidement à l'eau distillée, délayons-la dans de l'eau sucrée et exposons le tout à une température de 25 degrés. Au bout de quelques heures, le sucre subit la fermentation alcoolique, tandis que la même eau sucrée se conserve sans altération si l'on n'y ajoute pas de levûre. Il est donc évident que c'est la levûre qui jouit de la propriété de déterminer la fermentation du sucre, qui dès lors se présente à nous comme un phénomène dépendant de l'activité vitale.

En résumé, si nous convenons d'appeler *fermentations* les décompositions dont les affinités chimiques ne peuvent rendre compte, nous sommes conduits par la discussion des faits qui précèdent à en admettre de trois ordres différents :

1° Fermentations par *effets de contact*. Exemple : la décomposition de l'eau oxygénée par la fibrine ;

2° Fermentations par *communication de mouvement*. Exemples : réduction de l'oxyde d'argent par l'eau oxygénée ; action de la pectase sur la pectine, de la diastase sur la fécule, de la myrosine sur le myronate de potasse, de la synaptase sur l'amygdaline, etc.;

3° Fermentations par *activité organique*. Exemple : transformation du sucre en alcool, acide carbonique, glycérine et acide succinique sous l'influence de la levûre de bière.

Cette dernière classe de fermentations, dont l'étude de la levûre de bière nous a révélé l'existence, ne comprend pas seulement la fermentation alcoolique, mais encore un grand nombre de phénomènes du même ordre parmi lesquels je veux vous rappeler seulement les plus connus.

Pour produire la fermentation alcoolique du sucre, il n'est pas nécessaire de recourir aux globules de levûre de bière tout formés ; on peut se contenter de mêler au liquide sucré une infusion de levûre et bientôt les globules que nous connaissons se produisent et la fermentation commence. Si au même mélange on ajoute de la craie, la nature des phénomènes change complétement. Au lieu de se transformer en alcool le sucre se change en acide lactique. Comme précédemment, il se produit un organisme inférieur, mais ce n'est plus le même. Ses globules sont beaucoup plus petits et sont caractérisés par la propriété de changer avec une rapidité extraordinaire le sucre en acide lactique en présence du carbonate de chaux. En son absence, la levûre lactique change le sucre en un produit visqueux analogue aux gommes et en mannite. Par la seule intervention du carbonate de chaux, les mêmes globules font repasser la mannite à l'état de sucre et d'acide lactique. Enfin les mêmes globules peuvent changer le lactate de chaux en butyrate de chaux, l'acide lactique en acide butyrique.

La conséquence qui résulte de tout ceci, c'est qu'un globule presque impondérable peut entraîner des décompositions à peu près illimitées, s'il trouve réunies les conditions que sa reproduction exige. Ajoutons enfin, que suivant la nature des milieux où il se reproduit, son organisation modifiée provoque les décompositions de l'ordre le plus différent.

Après avoir passé en revue, comme nous venons de le faire, les diverses catégories de fermentations et leur avoir assigné leurs véritables caractères, il nous reste à examiner le travail qu'elles réalisent et à le ramener, s'il est possible, à une formule générale.

Quatre cas sont à considérer :

1° La modification qu'éprouve le corps qui fermente se réduit à une simple transformation isomérique sans altération dans sa composition centésimale. Tels sont le changement de l'amidon en dextrine, de la pectine en acide pectique. Quelquefois il y a en même temps fixation d'eau comme dans la transformation de l'amidon ou du sucre de canne en glucose ;

2° Le corps initial se change en un produit nouveau, d'une composition plus simple, sans que les rapports de ses constituants se trouvent modifiés. Tel est la métamorphose du sucre en acide lactique ou en acide acétique ;

$$\underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} = \underbrace{2C^6H^6O^6}_{\text{Acide lactique.}}.$$

$$\underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} = \underbrace{3C^4H^4O^4}_{\text{Acide acétique.}}.$$

3° Un corps composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène se dédouble en plusieurs produits nouveaux dont la réunion représente la composition du corps primitif. Une loi très-simple exprime alors le résultat des phénomènes. On peut dire que l'oxygène de la substance se partage entre le carbone et le reste des éléments. La fermentation alcoolique en est un exemple remarquable :

$$\underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} = \underbrace{2(C^4H^6O^2)}_{\text{Alcool.}} + \underbrace{4(CO^2)}_{\text{Ac. carbonique.}}.$$

j'omets à dessein la formation de la glycérine et de l'acide succinique, qui se produisent en même temps que l'alcool et l'acide carbonique, parce que leur proportion est relativement très-faible et que je désire surtout appeler votre attention sur le phénomène dansinant.

La fermentation butyrique nous offre un second cas de ce genre de dédoublements :

$$\underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} = \underbrace{C^8H^8O^4}_{\text{Ac. butyrique.}} + \underbrace{4(CO^2)}_{\text{Ac. carbonique.}} + \underbrace{4H.}_{\text{Hydrogène.}}$$

On voit par ces deux exemples combien est simple le rapport qui rattache la formation des corps dérivés à leurs générateurs.

4° Enfin, le corps qui fermente contient de l'azote.

Alors, comme précédemment, il se sépare de l'acide carbonique formé par tout ou partie seulement de l'oxygène et du carbone, l'azote se porte sur l'hydrogène pour former de l'ammoniaque, ou à la fois sur l'hydrogène et sur le carbone restant pour produire des corps variés.

Digitized by Google

La fermentation de l'urée est un des exemples les plus simples de ce mode de transformation :

$$\underbrace{C^2Az^2H^4O^2}_{\text{Urée.}} + \underbrace{4HO}_{\text{Eau.}} = \underbrace{2(CO^2,AzH^4O)}_{\text{Carb. d'ammoniaque.}}$$

Ici l'azote se combine seulement à l'hydrogène, mais il arrive aussi qu'il se combine à la fois à l'hydrogène et au carbone. La fermentation amygdalique nous en offre un exemple très-net :

$$\underbrace{C^{40}H^{27}AzO^{22}}_{\text{Amygdaline.}} + \underbrace{4HO}_{\text{Eau.}} = \underbrace{C^{14}H^6O^2}_{\text{Aldéhyde benzoïque.}} + \underbrace{C^2AzH}_{\text{Acide cyanhydrique.}} + \underbrace{2C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}}$$

Il y a dans ces effets de fermentation quelque chose d'analogue à ce qui se passe dans la distillation sèche des corps organiques, laquelle produit aussi des transformations isomériques et des dédoublements avec élimination d'acide carbonique ou d'ammoniaque, suivant la composition des matières que l'on distille.

Toutes les fermentations proprement dites peuvent être rattachées, quant à la cause qui les détermine, à l'une des trois grandes catégories dont nous avons reconnu l'existence et quant à leurs effets à l'un des cas que je viens de décrire.

Il existe toutefois un phénomène spécial que l'on range encore parmi les fermentations et qui, tout en nous offrant un type nouveau de ces sortes d'effets, sortant du cadre que nous venons de tracer, va se présenter comme la confirmation de tout ce que je viens de vous dire. C'est la formation de l'acide acétique. Cet acide dérive de l'alcool par un simple effet d'oxydation :

$$\underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} + \underbrace{4O}_{\text{Oxygène.}} = \underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Ac. acétique.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}}$$

A la suite des fermentations suivies de changement isomérique, d'hydratation et de dédoublement, il faut donc admettre des fermentations qui se manifestent par une oxydation.

Mais ce qu'il y a de plus remarquable dans cette fermentation acétique, c'est la variété des moyens par lesquels il est possible de la produire. La mousse de platine jouit de la propriété de condenser les gaz, au point de déterminer souvent leur combinaison. C'est ainsi qu'elle enflamme un mélange d'oxygène et d'hydrogène aussi facilement qu'un charbon allumé. Eh bien ! introduisez sous une cloche de verre placée au-dessus d'une couche d'alcool, une nacelle contenant de la mousse de platine, et vous ne tarderez pas à voir cette dernière s'échauffer, au point de devenir incandescente. En même temps, il ruisselle sur les parois intérieures de la cloche un liquide particulier, qui est composé d'aldéhyde et d'acide acétique représentant le premier et le second degré d'oxydation de l'alcool.

$$\underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} + \underbrace{2O}_{\text{Oxygène.}} = \underbrace{C^4H^4O^2}_{\text{Aldéhyde.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Eau.}}$$

$$\underbrace{C^4H^4O^2}_{\text{Aldéhyde.}} + \underbrace{2O}_{\text{Oxygène.}} = \underbrace{C^4H^4O^4}_{\text{Ac. acétique.}}$$

La mousse de platine a déterminé la fixation directe de l'oxygène de l'air, d'abord sur l'hydrogène de la vapeur d'alcool, puis sur la molécule d'aldéhyde résultant de cette première action. C'est là une réaction purement chimique déterminée par le contact du platine divisé.

Si au lieu de partir de l'alcool on veut partir du sucre, il suffit de maintenir pendant un mois, à la température de 20 degrés, dans un vase hermétiquement fermé, un mélange de 5 parties de sucre, 2 parties de fromage et 10 parties d'eau, pour que les 19/20 du sucre soient transformés en acide acétique. Sous l'influence de la caséine en décomposition, la molécule du sucre se subdivise simplement en trois molécules d'acide acétique.

$$\underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} = \underbrace{3(C^4H^4O^4)}_{\text{Acide acétique.}}$$

On peut, enfin, produire du vinaigre par un troisième procédé consistant à semer à la surface du vin les sporules d'un mycoderme particulier, le *Mycoderma aceti*, et en laissant à l'air un libre accès. A mesure que ce végétal inférieur se développe, il fixe l'oxygène de l'air sur l'alcool du vin et le change en acide acétique, comme l'a démontré M. Pasteur. Certains mycodermes jouissent, en effet, de la propriété de déterminer des oxydations plus ou moins profondes par un effet correspondant, sinon analogue, à celui de la mousse de platine.

L'acide acétique peut donc être produit par trois procédés différents, se rattachant chacun à l'une des catégories de fermentations que nous avons établies en commençant : 1° par effet de contact, action de la mousse de platine sur l'alcool ; 2° par communication du mouvement, action de la caséine sur le sucre ; 3° par activité organique, production du vinaigre sous l'influence du *Mycoderma aceti*.

C'est surtout au sein des êtres vivants que ces trois ordres de transformation s'accomplissent. Pour vous en convaincre, il me suffira de vous rappeler les conditions principales de l'exercice et du maintien de la vie animale.

L'une des plus essentielles est, sans contredit, la digestion des aliments, leur diffusion dans l'organisme et leur assimilation. Or, si nous recherchons les moyens que la nature met en œuvre pour réaliser ces remarquables phénomènes, nous trouverons que la *fermentation* y occupe, en quelque sorte, le premier rang. Avant de pénétrer dans l'estomac, les aliments subissent dans l'appareil buccal une sorte de trituration qui les amène à l'état d'une masse molle, constituant le bol alimentaire. En même temps que s'exécute cette opération, en apparence toute mécanique, la salive, liquide abondamment sécrété par diverses glandes, pénètre la masse et lui fait subir une première fermentation dont le résultat est de transformer en grande partie l'amidon en sucre et en dextrine. La salive contient, en effet, une matière azotée analogue à la diastase, et jouissant, comme elle, de la propriété de déterminer la fermentation glucosique de l'amidon. Parvenus dans l'estomac, les aliments y subissent une sorte de liquéfaction sous l'influence d'un ferment sécrété par les parois de ce viscère, et qui possède la propriété de dissoudre la chair et les matières animales, comme la diastase dissout l'amidon. Après la fermentation stomacale, l'élaboration des aliments est encore incomplète ; les matières grasses et une partie des matières amylacées n'ont pas encore revêtu la forme qui doit rendre l'assimilation possible. Elles n'y parviendront qu'à la suite d'une troisième fermentation, qui s'accomplira dans le duodénum et sous l'influence du suc pancréatique et de la bile, qui achèveront de dissoudre l'amidon et d'émulsionne les corps gras.

C'est donc par trois fermentations successives que s'accomplit le travail réparateur de la digestion, et si nous poussions plus avant l'étude des procédés dans lesquels se résout le méca-

Digitized by Google

nisme de la vie animale, nous serions conduits à conclure que chaque molécule organisée est le siége de deux fonctions opposées, qu'elle emprunte au sang les matériaux nécessaires à sa formation et à son continuel renouvellement, et, qu'en même temps, elle lui cède une partie de sa substance, le sang devenant ainsi le réservoir commun où se rendent les produits de la digestion des aliments et ceux qu'engendre l'épuisement des organes. Il serait bientôt encombré de ces derniers, s'ils ne lui étaient enlevés à mesure par certains organes de sécrétions qui fabriquent à leur aide les ferments capables de déterminer les transformations successives des aliments dont nous parlions tout à l'heure; si bien que ce qui a vécu sert à faire naître les agents chargés d'entretenir la vie, et qu'ainsi se ferme le cercle merveilleux du travail vital, dont les fermentations sont en quelque sorte la clef de voûte.

Dans une de nos précédentes leçons, nous avons montré comment le travail de la vie végétale se subdivisait en deux ordres de faits inverses : d'un côté, réduction, deshydratation et combinaison ascendante; de l'autre, oxydation, hydratation et destruction des composés élevés pour revenir à des molécules plus simples. Les formations ascendantes, obtenues par la condensation progressive d'un certain nombre de corps, d'une composition d'ailleurs très-simple, nécessitent, pour s'accomplir, une consommation de force vive, dont les radiations solaires sont la source et dont les feuilles sont à la fois le siége et l'instrument. Mais ces organes si essentiels à l'exercice de la vie végétale, exigent, pour se produire, qu'il afflue dans leurs tissus naissants, lorsqu'elles ne sont encore que des bourgeons, des produits solubles, dont les organes vieillis font tous les frais et dont des fermentations spéciales déterminent, par un travail inverse, la solubilité et le déplacement.

Enfin, si l'on veut comprendre dans la classe des fermentations par activité organique tous les phénomènes dans lesquels un organisme inférieur est intervenu pour modifier la nature chimique des milieux, ne sera-t-il pas permis d'y rattacher encore quelques-unes des formations les plus imposantes des âges antérieurs à l'époque actuelle? La craie, par exemple, qui occupe une si large place dans les terrains de sédiment, était, à l'origine, à l'état de dissolution dans les eaux des lacs et des mers. Comment a-t-elle pu se déposer? Une observation microscopique des plus faciles nous donne la clef de ce phénomène. La craie n'est pas un simple précipité chimique. Elle est constituée par l'agglomération d'une multitude, presque incommensurable, de dépouilles d'infusoires, appartenant aux deux familles des Nautilites et des Polythalomies, sans l'intervention desquels on peut douter que ces dépôts se fussent produits.

Si donc confondant l'idée de fait avec celle de cause, on attribue aux fermentations tous les effets de transformations que la matière peut subir en dehors des lois ordinaires de l'affinité chimique, on voit entrer en jeu une force nouvelle, dont l'importance ne le cède à aucune autre dans la nature. Par la généralité de ses manifestations, comme par la puissance de ses effets, LA FERMENTATION n'est inférieure ni à la pesanteur, ni à la chaleur, ni à l'électricité. La nature animée est son domaine, c'est là qu'elle apparaît dans la plénitude de sa puissance, et peut-être faut-il rapporter à des fermentations les épidémies qui frappent tour-à-tour les hommes, les animaux et même les plantes. Ces fléaux seraient en quelque sorte les orages de cette force dont l'exercice régulier est une condition essentielle au maintien de la vie à la surface du globe.

H. JOULIE, pharmacien en chef de l'hôpital Saint-Antoine.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE.

#### Acide perchlorique.

L'acide perchlorique a été découvert par le comte Frédéric Stadion, et étudié par Sérullas et Gay-Lussac.

On connaît l'acide perchlorique à l'état anhydre; il est solide, soluble dans l'eau, très-acide, inodore. Il forme avec l'eau un monohydrate qui se présente sous la forme d'un liquide incolore dont la densité est de 1,782 à 15°,5. Il est extrêmement avide d'eau et se combine à elle avec un dégagement de chaleur considérable. A la longue, il se détruit spontanément. Il détruit les matières organiques.

Il existe un deuxième hydrate $ClO^7,3HO$ qui se présente en beaux cristaux déliquescents, fondant vers 50 degrés. Ce composé est plus stable que le précédent, car il ne se détruit pas spontanément.

*Analyse.* — L'analyse de l'acide perchlorique se fait exactement comme celle de l'acide chlorique, en remplaçant le chlorate de potasse par le perchlorate. On trouve que la quantité d'oxygène de l'acide est sept fois plus grande que celle de la base, c'est-à-dire qu'elle est égale à 56 et que ces 56 sont unis à 35,5 de chlore. Comme l'acide perchlorique est monobasique, on en conclut que sa formule est $ClO^7$ et que son équivalent est 91,5.

*Préparation.* — L'acide perchlorique s'obtient par plusieurs procédés. On peut, par exemple, le retirer du perchlorate de potasse, en suivant un procédé analogue à celui qui a été décrit à propos de l'acide chlorique : il consiste à décomposer le perchlorate de potasse par l'acide hydrofluosilicique et à former ensuite un perchlorate de baryte soluble qu'on décompose par l'acide sulfurique.

Il se produit aussi quand on électrolyse une solution aqueuse de chlore ou d'acide chlorhydrique. Le chlore et l'oxygène se rencontrent à l'état naissant au pôle positif et s'unissent pour donner naissance à ce composé.

On l'obtient encore en versant de l'acide sulfurique sur du chlorate de potasse; le mélange brunit et dégage un gaz jaune verdâtre qui est l'acide hypochlorique :

$$2(SO^3,HO) + 3(KO,ClO^5) = ClO^4 + KO,ClO^7 + 2(KO,SO^3) + 2HO.$$

L'opération doit être faite dans un vase largement ouvert, comme une capsule de porcelaine; il faut chauffer légèrement au bain-marie, car l'acide hypochlorique est éminemment explosible. Les deux sels de potasse restent dans la capsule; on profite, pour séparer ces sels, de la solubilité très-faible du perchlorate de potasse.

---

(1) Voy. les nos 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'eau), 23, 28, 31 (conférence de M. Riche, sur l'*air*), 36, 39, 41, 43, 44 et 47.

Digitized by Google

On peut traiter directement du perchlorate de potasse par l'acide sulfurique ; si l'on fait réagir une partie de perchlorate et quatre parties d'acide sulfurique concentré, on obtient de l'acide perchlorique monohydraté. Toutefois, cette préparation est dangereuse à cause de la grande instabilité de l'acide perchlorique à cet état de concentration.

Il est rare qu'on ait besoin d'acide perchlorique monohydraté. Le plus souvent on traite le perchlorate de potasse par l'acide hydrofluosilicique ; on décante la solution d'acide perchlorique et on la distille. De l'eau passe d'abord ; l'acide perchlorique, étendu de 4 à 5 équivalents d'eau, distille vers 200 degrés.

### Acide hypochlorique.

L'acide hypochlorique a été découvert par Davy, en 1814 ; on lui donnait autrefois le nom d'oxyde de chlore.

C'est un gaz d'un jaune foncé, ayant l'odeur du chlore un peu modifiée. La densité est 2,32. Il se liquéfie quand on le fait arriver dans un vase entouré de glace et il constitue alors un liquide rouge foncé qui bout à 20 degrés, qui se solidifie en cristaux dans un mélange d'acide carbonique et d'éther. L'eau à 4 degrés en dissout vingt fois son volume.

Cet acide est peu stable, et se détruit à la radiation solaire. Chauffé à 65 degrés, il détonne et les produits de la décomposition sont le chlore et l'oxygène. L'acide hypochlorique liquide détonne même, avec la plus grande violence, à 20 degrés. L'électricité agit sur cet acide comme la chaleur ; le soufre, le phosphore, l'acide chlorhydrique le décomposent souvent avec détonation. Voici un verre qui contient du chlorate de potasse, de l'eau et un fragment de phosphore : laissons y tomber par un tube effilé de l'acide sulfurique concentré, et il se forme de l'acide hypochlorique dans le fond du verre. Cet acide réagit sur le phosphore qui s'enflamme et brûle sous l'eau.

Ce corps attaque les métaux ; il décolore le tournesol et les autres matières organiques colorées. Il ne s'unit pas aux bases : en leur présence il se dédouble de manière à former un chlorite et un chlorate :

$$2KO + 2ClO^4 = KO,ClO^3 + KO,ClO^5.$$

*Composition.* — En faisant passer de l'acide hypochlorique en vapeurs à travers un tube capillaire chauffé, on le décompose sans détonation, en chlore et en oxygène. On trouve, par cette méthode due à Gay-Lussac, qu'un volume d'acide hypochlorique est formé de 1 volume d'oxygène et d'un demi volume de chlore, et la formule $ClO^4$ représente 4 volumes d'acide hypochlorique.

*Préparation.* — L'acide hypochlorique se prépare toujours en traitant le chlorate de potasse par l'acide sulfurique, légèrement étendu d'eau :

$$3(KO,ClO^5) + 3(SO^3HO) = 3KO,SO^3 + 3HO + ClO^7 + 2ClO^4.$$

Cette préparation exige de grandes précautions, elle est souvent accompagnée d'explosions violentes. Le mélange doit être introduit dans un tube de verre que l'on chauffe lentement au bain-marie.

### Acide chloreux.

Ce corps a été découvert par M. Millon. C'est un gaz un peu plus jaune que le chlore, et doué de la même odeur légèrement modifiée ; un refroidissement considérable le liquéfie ; l'eau en dissout cinq à six fois son volume et prend une couleur jaune d'or remarquable. Il attaque rapidement le mercure ; c'est un acide très-faible ; ses sels alcalins sont solubles dans l'eau, les autres sont insolubles ou peu solubles.

*Composition.* — Pour l'analyser, on détermine la composition du chlorite de plomb. Sa formule est $ClO^3$, son équivalent 59,5.

*Préparation.* — On l'obtient par la desoxydation de l'acide chlorique ; on peut réaliser cette action à l'aide du bioxyde d'azote, de l'acide tartrique ou de l'acide arsénieux.

On met dans un petit ballon trois parties d'acide arsénieux et quatre parties de chlorate de potasse pulvérisés, et on verse sur ce mélange douze parties d'acide azotique pur et quatre parties d'eau. On doit chauffer légèrement le ballon au bain-marie et avoir soin d'entourer le col avec du papier mouillé.

### Acide hypochloreux.

Cet acide a été découvert par M. Balard.

C'est un liquide rouge de sang artériel, d'une odeur vive et pénétrante rappelant celle du chlore et de l'iode. Il entre en ébullition à 20 degrés et produit une vapeur jaune rougeâtre qui attaque vivement les organes respiratoires. L'eau en dissout environ deux cents fois son volume. Ce corps détonne souvent, même à l'état liquide ; une secousse un peu forte suffit pour le détruire.

Mêlé d'hydrogène, il détonne au soleil. Le chlore, l'arsenic, le potassium brûlent avec explosion lorsqu'on les met en contact avec lui. Il possède un pouvoir décolorant considérable. Sa solution produit des phénomènes d'oxydation que l'oxygène et le chlore lui-même n'opèrent pas d'ordinaire. Cette solution doit être conservée à l'abri des rayons du soleil parce qu'elle réagit sur l'eau pour donner de l'acide chlorhydrique et de l'acide perchlorique.

*Composition.* — L'analyse de l'acide hypochloreux, qui peut se faire comme celle de l'acide hypochlorique, démontre que deux volumes d'acide hypochloreux contiennent 2 volumes de chlore ou 1 équivalent, et un volume d'oxygène ou un équivalent. La formule est donc ClO.

*Emplois.* — Jusqu'à présent l'acide hypochloreux libre n'a pas été employé ; mais les arts tirent un grand parti des combinaisons de cet acide avec les bases. Gay-Lussac a reconnu que le pouvoir décolorant d'un volume d'acide hypochloreux est égal au pouvoir décolorant de deux volumes de chlore, ou ce qui revient au même, que l'acide hypochloreux décolore deux fois plus que le chlore qu'il renferme. Il faut donc admettre que l'acide hypochloreux réagit non-seulement par son chlore, mais encore par l'oxygène naissant qui se trouve dans la liqueur au moment où la décoloration a lieu et que 1 volume d'oxygène décolore précisément comme 2 volumes de chlore. On comprend dès lors l'immense importance de l'acide hypochloreux et la préférence dont il doit jouir relativement au chlore.

On n'emploie pas l'acide hypochloreux libre ; mais on fait un fréquent usage des hypochlorites alcalins mélangés aux chlorures correspondants. Ces mélanges sont connus dans les arts sous les noms de chlorures décolorants et désinfectants. On nomme eau de Javelle celui de ces composés qui est formé par la potasse $KO,ClO + KCl$ ; l'eau de Labarraque renferme la soude au lieu de potasse ; enfin, le chlorure de chaux a pour composition $CaO,ClO + CaCl$. Pour les fabriquer

Digitized by Google

on fait passer du chlore soit dans une solution froide et étendue de potasse ou de soude, soit dans un lait de chaux. La réaction est analogue dans les trois cas :

$$2CaO + 2Cl = CaO,ClO + CaCl.$$

Tous ces chlorures possèdent un pouvoir décolorant égal à celui du chlore qui est intervenu dans la fabrication ; en effet, ils dégagent deux équivalents de chlore au contact d'un acide :

$$CaO,ClO + CaCl + 2(SO^3HO) = 2(CaO,SO^3) + 2HO + 2Cl.$$
$$CaO,ClO + CaCl + 2HCl = 2CaCl + 2HO + 2Cl.$$

*Préparation de l'acide hypochloreux.* — Le moyen le plus simple consiste à faire passer un courant de chlore dans un tube rempli d'oxyde rouge de mercure, obtenu par précipitation ; cet oxyde doit être préalablement calciné à une température voisine de celle à laquelle il commence à se décomposer. Le chlore lavé d'abord, puis desséché sur la pierre ponce sulfurique, traverse le tube en verre dans lequel se trouve l'oxyde de mercure ; enfin, l'acide formé se condense dans un tube en U entouré d'un mélange de glace et de sel. La chaleur produite par la réaction est tellement vive qu'on est obligé de maintenir le tube qui contient l'oxyde de mercure à une basse température en l'humectant continuellement ou même en l'entourant de glace. Si l'on veut l'obtenir gazeux, on remplace le tube en U par des flacons remplis d'air, parce qu'il attaque le mercure et qu'il est très-soluble dans l'eau.

### Acide chlorhydrique.

L'acide chlorhydrique, appelé encore *acide marin*, *acide muriatique*, *esprit de sel*, appartient à la classe des hydracides. Sa découverte remonte aux premiers temps de l'alchimie. Basile Valentin le préparait en calcinant un mélange de vitriol vert et de sel ordinaire. Plus tard, Glaubert l'obtint en traitant le sel par l'acide sulfurique. Mais ce fut seulement en 1772 que Priestley l'obtint à l'état gazeux. Ses propriétés acides avaient fait d'abord admettre que c'était un corps oxygéné. Les travaux de Gay-Lussac, de Thenard et de Davy, apprirent qu'il renfermait de l'hydrogène, même lorsqu'il était tout à fait anhydre. Gay-Lussac et Thénard émirent l'idée que ce corps pourrait être considéré comme un hydracide aussi bien que comme un oxacide ; mais Davi énonça d'une manière tout à fait positive que c'était un hydracide. Ce fut cette découverte qui l'amena à la théorie sur la constitution des acides, théorie qui peut se résumer par ces mots : *Tout acide est nécessairement hydrogéné ; quand il réagit sur une base pour donner un sel, il échange simplement son hydrogène contre le métal renfermé dans cet oxyde.*

Cette théorie, point de départ de la *théorie unitaire*, est admise en principe, mais elle n'est pas encore appliquée à l'enseignement, quoiqu'elle se prête, d'une façon bien plus simple que la théorie dualistique, à l'explication des réactions au moyen desquelles on forme les sels. Quand on fait réagir un hydracide ou un oxacide sur une même base, on obtient dans l'un et l'autre cas des corps composables doués des mêmes propriétés. Ainsi, l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique donnent, en réagissant sur la potasse, deux composés qui ont les mêmes caractères généraux, le chlorure de sodium et le sulfate de potasse, et cependant on explique ces réactions d'une façon différente ; on dit dans le premier cas que : l'acide chlorhydrique perd un équivalent d'hydrogène et est remplacé par un équivalent de potassium, comme l'indique la formule suivante :

$$KO + HCl = KCl + HO.$$

Tandis que dans le second cas on admet que la potasse prend l'acide sulfurique et chasse l'eau :

$$SO^3,HO + KO = KO,SO^3 + HO.$$

Il serait beaucoup plus simple de dire que, dans le second cas comme dans le premier, un équivalent de potassium a pris la place d'un équivalent d'hydrogène :

$$HSO^4 + KO = KSO^4 + HO.$$

L'expérience n'apprend pas autre chose que cela. Cette explication force à introduire un équivalent d'eau dans l'acide sulfurique pour en faire un acide dans le sens vrai du mot et montre que le chiffre unitaire, en représentant l'acide dit *monohydraté* par la formule $HSO^4$, explique les phénomènes d'une façon plus générale et en même temps plus exacte que le chimiste qui, fidèle aux règles du dualisme, lui attribue la formule $KO,SO^3$.

Commençons maintenant l'étude détaillée de l'acide chlorhydrique.

A l'état gazeux, cet acide est incolore, comme vous le voyez ; son odeur est piquante, sa saveur d'une acidité très-prononcée. Il est très-corrosif en raison même de cette grande acidité, et il désorganise les tissus animaux ; il excite la toux lorsqu'il est introduit dans les voies aériennes. Il a pour densité 1,247, ce qui donne 1gr,612 pour le poids du litre. Cet acide est extrêmement avide d'eau ; c'est à cette grande avidité pour l'eau que sont dues les fumées qu'il produit au contact de l'air humide ; l'hydrate qui se forme dans ces circonstances ayant une tension de vapeur trop faible pour qu'il puisse rester à l'état latent dans l'air, se précipite sous forme de brouillard. Si l'air était parfaitement sec, rien de semblable ne se produirait. C'est ce que vous pouvez constater en jetant les yeux sur cette éprouvette remplie d'air sec ; j'y introduis quelques bulles d'acide chlorhydrique gazeux et sec ; la transparence n'est pas troublée.

L'eau à 0 degré dissout 480 fois son volume d'acide chlorhydrique. La dissolution se fait avec une telle rapidité, que si je mets en contact avec l'eau une cloche remplie de ce gas parfaitement pur, la colonne de liquide qui s'introduit instantanément dans la cloche en détermine la rupture, aussi faut-il toujours avoir soin d'entourer d'un linge le fond de la cloche. La présence d'une très-petite quantité d'air retarde beaucoup la dissolution de ce gaz. L'acide chlorhydrique ne se dissout pas simplement dans l'eau comme le gaz ammoniac ; il forme avec elle une véritable combinaison. En effet, si l'on soumet à la distillation une solution concentrée d'acide chlorhydrique, il s'échappe d'abord une quantité considérable de gaz chlorhydrique, mais plus tard, il distille un liquide de composition constante, car un thermomètre placé dans la cornue indique une température de 110 degrés, et cette température se maintient fixe jusqu'à la fin de la distillation. Si l'on distille au contraire une solution étendue de gaz chlorhydrique, il passe d'abord de l'eau presque pure, mais peu à peu la température s'élève de 100 à 110 degrés, et elle reste encore stationnaire à ce point jusqu'à la fin de la distillation ; ce liquide est un hydrate défini représenté par la formule : $HCl + 16HO$. Il a pour densité 1,10. On admet encore l'existence de deux autres hydrates ; le premier, qui constitue la dissolution d'acide

Digitized by Google

chlorhydrique saturé à 0 degré, et qui a pour densité 1,21, a pour formule : $HCl+6HO$. Le second est l'hydrate $HCl+12HO$, qu'on obtient en exposant à l'air l'hydrate précédent ; sa densité est 1,12. Il bout vers 106 degrés.

L'acide chlorhydrique n'est pas permanent : ce gaz a été liquéfié par Faraday, soit sous l'influence d'une pression considérable (40 atmosphères environ), soit par une température de — 80 degrés. Il ne se soldifie pas dans le protoxyde d'azote à — 140 degrés.

L'acide chlorhydrique se produisant à une température très-élevée n'est pas détruit par la chaleur. L'étincelle électrique ne le décompose que partiellement. On obtient, en effet, cet acide par le passage de l'étincelle électrique dans un mélange de chlore et d'hydrogène. L'acide chlorhydrique éteint les corps en combustion ; il est sans action sur les métalloïdes, à l'exception du silicium. Les métaux qui décomposent l'eau le détruisent en général :

$$HCl + M = MCl + H.$$

Les oxydes agissent différemment selon leur degré d'oxydation. Avec les protoxydes il fournit de l'eau et le chlorure correspondant :

$$HCl + MO = HO + MCl.$$

Sous l'influence d'un courant électrique, les chlorures subissent la même décomposition que les sels ordinaires ; comme eux ils se dédoublent pour donner un acide et une base :

$$MCl + HO = MO + HCl.$$

De là le nom de *sels haloïdes* que leur a donné Berzelius (de ἅς, sel).

Si au lieu de faire agir l'acide chlorhydrique sur un protoxyde, on le traite par un oxyde renfermant une plus forte proportion d'oxygène, trois cas peuvent se présenter :

1° Quand il existe un chlorure correpondant à cet oxyde, il prend naissance. Exemple, le sesquioxyde de fer :

$$Fe^2O^3 + 3HCl = Fe^2Cl^3 + 3HO.$$

2° Lorsqu'il n'existe pas de chlorure correspondant, ou lorsque ce chlorure est extrêmement instable, il se forme en général du protochlorure et l'excès de chlore se dégage. C'est cette réaction qui sert de base à la préparation du chlore :

$$MnO^2 + 2HCl = MnCl + Cl + 2HO.$$

Il paraît qu'il se forme d'abord du bichlorure de manganèse qui se détruit ensuite par la chaleur. On a d'abord :

$$MnO^2 + 2HCl = MnCl^2 + 2HO.$$

puis :

$$MnCl^2 = MnCl + Cl.$$

Ce bichlorure de manganèse n'a pas encore été isolé.

Enfin dans quelques cas, on obtient du bioxyde d'hydrogène :

$$BaO^2 + HCl = BaCl + HO^2.$$

C'est, du reste, ainsi que l'on prépare l'eau oxygénée.

Le meilleur réactif de l'acide chlorhydrique est le nitrate d'argent qui forme avec lui un précipité blanc caillebotté, insoluble dans les acides, soluble dans l'ammoniaque et dans l'hyposulfite de soude.

*Composition de l'acide chlorhydrique.* — On la détermine par la synthèse et par l'analyse :

1° *Synthèse.* On choisit un ballon et un flacon d'égale capacité, et l'on use à l'émeri le col du ballon de façon qu'il s'adapte exactement dans celui du flacon et forme une fermeture hermétique. On remplit le ballon d'hydrogène sec et le flacon de chlore également sec ; on réunit les deux vases et l'on abandonne l'appareil à la lumière diffuse, après l'avoir retourné deux ou trois fois pour effectuer le mélange. Les deux gaz se combinent peu à peu et la couleur verte disparaît. En ouvrant ensuite l'appareil sous le mercure, on reconnaît que le volume gazeux n'a pas changé, car le mercure ne rentre pas. De plus, le mercure n'est pas altéré et le gaz produit est intérieurement soluble dans l'eau, ce qui prouve qu'il ne reste ni chlore, ni hydrogène libre. Cette première expérience nous fait voir que l'acide chlorhydrique est formé de volumes égaux de chlore et d'hydrogène unis sans condensation. Ces résultats approximatifs sont confirmés pas l'analyse suivante, qui est d'une grande exactitude.

2° *Analyse.* On introduit dans une cloche courbe, reposant sur le mercure, un volume connu (100 parties, par exemple), d'acide chlorhydrique gazeux ; on y fait passer ensuite un petit fragment de potassium et l'on chauffe légèrement. Le volume gazeux diminue de moitié ; les 50 volumes restant sont de l'hydrogène parfaitement pur. Le chlore a été absorbé par le potassium. Un volume d'acide chlorhydrique contient un demi-volume d'hydrogène.

| | |
|---|---|
| Si l'on retranche de la densité de l'acide chlorhydrique | 1,2470 |
| La moitié de la densité de l'hydrogène | 0,0347 |
| Il reste le nombre | 1,2124 |

qui est sensiblement égal à la demi-densité du chlore. Donc 1 volume d'acide chlorhydrique contient un demi-volume de chlore.

Si l'on rapporte cette composition à 2 volumes de chlore, qui représente l'équivalent de ce corps, on voit que 2 volumes de chlore s'unissent à 2 volumes d'hydrogène, ou à un 1 équivalent pour former le volume d'acide chlorhydrique : la formule la plus simple est donc HCl. Cette formule correspond 4 quatre volumes, puisque la combinaison a lieu sans condensation. La formule HCl conduit à l'équivalent 36,5 : car

$$\begin{array}{l} H = 1 \\ Cl = 35,5 \\ \hline \quad 36,5 \end{array}$$

Ce nombre représente l'équivalent vrai de cet acide parce que si l'on traite l'acide chlorhydrique par la potasse, il faut 36,5 de cet acide pour saturer 47 de potasse, c'est-à-dire 1 équivalent, et pour former un sel haloïde correspondant au sulfate de potasse et aux autres sels neutres de potasse.

$$HCl + KO = KCl + HO.$$

*Préparation de l'acide chlorhydrique.* — Nous avons dit déjà qu'on pouvait l'obtenir par l'union directe du chlore et de l'hydrogène, sous l'influence des rayons solaires. Toutefois, ce n'est pas là un moyen pratique ; aussi ne l'emploie-t-on jamais. On a toujours recours au procédé général : l'action d'un acide sur un chlorure. Le choix de l'acide et du chlorure est de la plus haute importance. L'acide ne doit pas être volatil, car il se dégagerait avec l'acide chlorhydrique ; il ne doit pas être oxydant, car il réagirait sur l'acide chlorhydrique et brûlerait son hydrogène. L'acide sulfurique réalise parfaitement ces conditions. Le chlorure doit être choisi de

Digitized by Google

telle façon qu'il se change en un oxyde basique, c'est-à-dire en un oxyde ayant de l'affinité pour l'acide sulfurique. Ce chlorure sera donc un protochlorure MCl. Le chlorure de sodium réussira parfaitement, en raison de l'énergie basique de la soude NaO. C'est d'ailleurs, de tous les chlorures, celui qui possède la moins grande valeur :

$$NaCl + SO^3,HO = NaO,SO^3 + HCl.$$

Lorsqu'on se propose de recueillir le gaz chlorhydrique, on emploie un ballon de 100 centimètres cubes environ muni d'un tube abducteur qui se rend sur la cuve à mercure. On introduit dans ce ballon 10 à 15 grammes de sel marin fondu, puis de l'acide sulfurique concentré, de façon à remplir le vase au tiers environ. Si l'on faisait réagir l'acide sulfurique sur le sel marin ordinaire, cristallisé et très-divisé, il se produirait, au moment même où l'on verserait l'acide sulfurique, une effervescence très-vive qui ferait monter le mélange jusque dans le tube de dégagement. On a peine à éviter cette mousse, même avec le sel fondu. L'action, très-vive au début, s'arrête bientôt; il faut l'action par la chaleur, mais avec modération, car la mousse se reforme sans cesse.

Pour obtenir de l'acide chlorhydrique *pur*, il y a quelques précautions à prendre. Au commencement de l'opération, le gaz chlorhydrique se mélange avec l'air contenu dans le ballon; aussi n'obtient-on d'abord qu'un mélange d'air et d'acide chlorhydrique. Une certaine quantité d'air peut aussi se trouver dans les éprouvettes destinées à recueillir l'acide chlorhydrique. Pour éviter que le gaz chlorhydrique ne reste mêlé avec l'air atmosphérique, on doit d'abord le produire dans un ballon assez petit pour que l'air puisse en être chassé rapidement. On laisse ensuite perdre une quantité d'acide chlorhydrique assez considérable; le gaz est d'ailleurs reçu de temps à autre dans de petites éprouvettes d'essai et mis en contact avec l'eau. On ne commence à le recueillir définitivement que lorsqu'on reconnaît qu'il se dissout dans l'eau sans laisser de résidu. Pour enlever l'air qui adhère aux parois des éprouvettes, on y fait passer de l'acide chlorhydrique que l'on perd dans l'atmosphère en renversant les éprouvettes dans la cuve à mercure sans mettre leur ouverture en contact avec l'air. On répète plusieurs fois cette opération, et l'on obtient ainsi de l'acide chlorhydrique tout à fait pur.

Pour obtenir l'acide chlorhydrique en dissolution dans l'eau, on emploie l'appareil de Woulf, qui sert, du reste, à presque toutes les dissolutions de gaz dans l'eau. Comme la dissolution d'acide chlorhydrique est plus lourde que l'eau, le gaz est amené dans chaque flacon par un tube qui plonge très-peu dans l'eau; de cette manière, les diverses couches du liquide se mêlent constamment.

L'eau s'échauffe et augmente considérablement de volume. Aussi faut-il refroidir les flacons en les plaçant dans des vases pleins d'eau froide et ne pas les remplir au delà du tiers de leur hauteur. Le liquide du premier flacon n'est jamais pur, il contient toujours de l'acide sulfurique entraîné par l'acide chlorhydrique et des chlorures volatils.

Six parties de sel marin exigent environ cinq parties d'acide sulfurique pour être décomposées. Dans l'industrie, on prépare l'acide chlorhydrique sur une échelle immense, non pas tant pour lui-même que pour le sulfate de soude qui est produit en même temps dans l'attaque du sel par l'acide sulfurique, et qui sert à fabriquer la soude artificielle et les savons. Les appareils dans lesquels on décompose le sel par l'acide sulfurique sont des cylindres ou des fours. Les cylindres sont disposés comme ceux où l'on fabrique l'acide nitrique. On charge et l'on décharge de même. On emploie de l'acide sulfurique concentré à 66 degrés, parce qu'il attaque moins la fonte que l'acide plus étendu. Le procédé des fours tend à se substituer au procédé précédent; le travail y est continu. La réaction s'opère dans un vase de plomb, ce qui permet d'employer de l'acide sulfurique à 52 degrés, tel qu'il sort des chambres. Les fours sont de briques et de forme rectangulaire. Le mélange est introduit dans un premier compartiment dont la sole est une cuvette de plomb chauffée par les produits de la combustion qui passent dans les carreaux situés au-dessous. L'acide chlorhydrique se rend par un tuyau dans des bombonnes contenant de l'eau. Le mélange d'acide et de sel devient d'abord très-liquide; au bout d'un certain temps, il s'épaissit, et le dégagement de gaz diminue. A ce moment, on fait passer la masse dans le réverbère qui se trouve à la partie antérieure du four, et qui est séparé de la cuvette de plomb par un registre que l'on ferme ensuite. Le mélange redevient liquide; il se dégage une nouvelle quantité d'acide chlorhydrique qui se rend, avec les produits de la combustion, dans des carneaux spéciaux. Quand il ne se dégage plus d'acide chlorhydrique, on fait tomber le sulfate de soude hors du fourneau. Pendant que ce travail s'opère, on commence une deuxième opération dans la cuvette, de sorte que la fabrication est continue.

Dans certains pays, comme à Marseille, la production de l'acide chlorhydrique est si grande, par suite des masses de sulfate de soude dont on a besoin pour la fabrication des savons, qu'il est impossible de l'employer en totalité. Autrefois, on le laissait se dégager dans l'air par la cheminée de l'usine; mais aujourd'hui on force les fabricants à condenser cet acide et à le faire disparaître. Les uns disposent entre les fours et la cheminée des galeries où l'on jette des blocs de calcaire qu'on renouvelle lorsqu'ils se sont changés en chlorure de calcium. D'autres, se trouvent auprès de collines de calcaires, creusent des canaux ascendants qu'ils forment par une voûte de pierres calcaires mastiquées avec de l'argile. D'autres enfin, placés sur le bord de la mer, font parcourir aux gaz des galeries inclinées où tombe de l'eau qui se perd dans la mer après avoir dissous l'acide.

Le sel marin employé à cette fabrication ne paye pas de droits à l'État; mais, pour qu'on ne puisse pas le détourner de cet usage et le faire servir à l'alimentation, on le dénature, avant de le vendre aux fabricants de sulfate de soude, en le mêlant à des matières goudronneuses.

Ed. Antelme, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

*En vente la semaine prochaine :*

Manuel de pathologie et de clinique médicales, par M. le professeur Amb. Tardieu, doyen de la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie impériale de médecine. 3e édition, très-augmentée. 7 fr.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 49. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 4 NOVEMBRE 1865.

# REVUE
DES
# COURS SCIENTIFIQUES
## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

**SOMMAIRE.**

UNIVERSITÉ DE ZURICH. — Cours de **M. Naegeli** : De l'individualité dans la nature, principalement au point de vue du règne végétal.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : Conditions générales de l'acclimatation.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : Le brome et l'iode.

Paris, 3 novembre 1865.

En présentant à l'Académie des sciences, lundi dernier, un mémoire de M. Lisle (de Marseille) sur le traitement du choléra par le sulfate de cuivre, M. Velpeau, tout en reconnaissant la valeur réelle de ce mémoire et en constatant les excellents résultats qu'a obtenus son auteur, fait remarquer qu'on ne saurait jamais assez se tenir en garde contre la foule de remèdes proposés de toutes parts pour guérir le choléra, souvent même par des gens complétement étrangers à la médecine ; et il cite divers faits qui prouvent combien ces remèdes sont quelquefois peu sérieux. Il revient à cette occasion sur les paroles qu'il avait prononcées quinze jours auparavant, et qui ont été interprétées par certains organes de la presse dans un sens différent de celui qu'il leur donnait. « J'ai simplement voulu dire, poursuit M. Velpeau, que nous n'avons pas de spécifique contre le choléra; mais cela ne signifie pas, comme on me l'a fait dire, que la médecine est complétement impuissante ou peut même être nuisible. Nous pouvons parfaitement combattre en détail chacun des accidents généraux qui caractérisent cette maladie : diarrhée, crampes, vomissements, soif ardente, refroidissement des membres, etc. Mais ce que je voulais faire comprendre, c'est que l'on ne meurt pas toujours, tant s'en faut, quand on est atteint du choléra, et qu'on peut même en guérir sans remèdes par le seul jeu des forces naturelles. » M. Velpeau termine en annonçant qu'à l'heure qu'il est nous avons traversé la période la plus intense de l'épidémie, et que le nombre des décès cholériques a diminué de moitié au moins.

M. Serres rappelle que, dès l'épidémie de 1832, il a signalé la présence dans le canal intestinal, chez les individus cholériques, de pustules particulières qui sont le caractère anatomique de cette maladie et l'origine des principaux accidents qu'elle présente. C'est donc contre ces pustules qu'il faudrait diriger la médication; elles se rencontrent surtout dans l'intestin grêle et l'estomac, et les accidents sont plus ou moins graves, suivant l'endroit dans lequel elles se développent; ce sont elles qui occasionnent la diarrhée; lorsqu'elles s'accumulent dans l'estomac, elles provoquent des vomissements continus, et la maladie devient plus grave. Il y a, en outre, des accidents nerveux vers l'encéphale, le bulbe rachidien et la protubérance annulaire : aussi le choléra peut-il se compliquer fort souvent d'apoplexie méningée. On connaît donc le siége de la maladie, sinon sa cause, et l'on peut dès lors la combattre; la période algide, qui ressemble tant à la fièvre pernicieuse, nous trouve sans doute à peu près désarmés, mais nous sommes très-puissants dans la période secondaire ou de réaction qui la suit.

A propos de divers mémoires qui attribuent à l'acide sulfureux répandu dans l'air une action préservatrice contre le choléra et les miasmes qu'on en suppose être la cause, M. Chevreul fait remarquer qu'il sera toujours impossible de saisir directement ces substances dans l'air, à cause de leur grande diffusion : c'est seulement



Digitized by Google

dans leur lieu d'origine qu'on pourrait les atteindre. Mais il ne suffit pas, ajoute-t-il, de chercher et de trouver dans l'air des matières organiques, il faudrait montrer, en les introduisant dans un corps vivant, qu'elles produisent bien effectivement la maladie étudiée; il faudrait, en un mot, continuer les belles recherches inaugurées par M. Claude Bernard, et entreprendre des séries d'expériences méthodiques sur l'action physiologique des divers poisons en les prenant aussi bien définis que possible. Il n'est certainement aucune recherche qui puisse être aussi utile au progrès de la médecine.

ÉMILE ALGLAVE.

---

## UNIVERSITÉ DE ZURICH.

### COURS DE M. NŒGELI.

**De l'individualité dans la nature, principalement au point de vue du règne végétal.**

Nous ne pouvons nous défendre d'une certaine tristesse auprès de la tombe d'un grand homme. Quelle somme d'expérience et de savoir a été perdue avec lui pour la société humaine! Pendant toute une vie son esprit a amassé des trésors de toute sorte que sa mort nous enlève. L'homme d'État, l'artiste, le savant, laissent dans leurs œuvres des monuments de leur génie, de leur activité, de leur science. Mais avec eux meurent la pénétration, l'imagination, l'énergie, le dévouement qui ont créé ces œuvres. Les produits restent, l'instrument disparaît.

C'est là une loi dont nous sommes très-portés à demander raison à la nature. A-t-elle ainsi pourvu d'une manière suffisante au développement de l'espèce humaine? Le progrès intellectuel de l'humanité ne dépend-il pas ainsi du hasard, je veux dire des circonstances fortuites qui peuvent ou non faire naître à chaque moment un esprit capable de renfermer la somme de savoir, d'atteindre la hauteur et la profondeur de connaissances nécessaires pour perpétuer la tradition? Toute l'histoire intellectuelle de l'humanité n'est effectivement qu'une tradition, une transmission de la génération qui s'en va à celle qui lui succède! Le progrès ne périclite-t-il pas lorsqu'un esprit supérieur, après la moitié et plus d'une existence dépensée non-seulement à atteindre le faîte du développement déjà acquis, mais à le dépasser encore et à en élever le niveau, est forcé d'abandonner le théâtre de son activité interrompue? Cela est-il d'accord avec la sagesse et l'ordre qu'on voit régner dans toutes les créations de la nature?

Pourquoi, par exemple, la vie n'a-t-elle pas une plus longue durée? Pour l'oisif et le paresseux, elle est trop courte assurément; mais combien plus encore pour l'homme laborieux et actif. Chaque travail ouvre de nouvelles perspectives, chaque résultat redouble le besoin et le désir d'arriver à un résultat supérieur. Et c'est quand l'esprit se sent le plus d'ardeur et de moyens pour agir et créer, que commence le déclin, avant-coureur d'une totale paralysie!

Ou bien encore pourquoi ne pouvons-nous transmettre à nos enfants, dans son intégrité, notre force intellectuelle et morale? Les enfants héritent des parents les dispositions physiques qui se développent sans peine. Ils héritent également des aptitudes intellectuelles; mais que celles-ci soient abandonnées à elles-mêmes, et rien ne répond qu'elles seront un véritable héritage. Elles exigent une éducation qui dure des années; elles demandent un effort, une lutte du tiers au moins de l'existence, pour atteindre le développement dont elles sont capables. Quel gain prodigieux pour le progrès de l'espèce, si le fils recevait par une transmission immédiate, le savoir, la force d'esprit, l'habileté, l'énergie morale du père, et la jeune fille les vertus de la mère!

De là la pensée générale qui considère la mort comme une perte; de là le deuil dont la tombe des grands hommes remplit parfois des nations entières, et touche jusqu'à ceux même qui forment l'élite de l'humanité.

Que cette loi de la nature soit bonne, qu'elle soit la meilleure possible, c'est une vérité qu'on arrive à établir par bien des voies différentes. Le théologien, le philosophe, le moraliste, l'historien, suivent chacun à cet égard une marche particulière. Je me borne ici à considérer cette question de mon point de vue particulier, en simple naturaliste.

Mais ce nom de naturaliste me rappelle qu'on peut m'arrêter ici par une objection. Les sciences naturelles se sont à peu près de nos jours interdit de parler des fins de la nature. Tout abus provoque en général une interdiction. Et en effet, pendant longtemps l'histoire naturelle, en s'attachant aux fins, a présenté la création sous les fausses couleurs de l'idylle, à tel point qu'une réaction a dû s'ensuivre nécessairement en faveur d'une méthode plus sévère. Cette réaction a eu l'effet ordinaire de toutes les réactions, celui du pendule qui ne revient pas tout de suite à la position verticale et ne s'arrête pas à son point d'équilibre, sans avoir oscillé longtemps dans des directions opposées.

Permettez-moi, pour vous faire saisir clairement l'opposition qui existe entre le point de vue qui dominait autrefois l'étude de la nature et celui où elle se place aujourd'hui, de recourir à un exemple grossier. Le détroit de Gibraltar et l'isthme de Suez ont sans aucun doute exercé sur la civilisation et sur le développement politique du monde une influence considérable. En ne considérant que la fin, l'antiquité pouvait dire avec raison que les isthmes n'existaient que pour réunir les continents, les détroits que pour les séparer. L'âge moderne, l'époque des bateaux à vapeur, voit les choses autrement; pour elle les détroits réunissent les continents, tandis que l'isthme de Suez, au contraire, oppose un obstacle fâcheux au commerce et n'est là que pour être percé. Imaginez le navire du désert, le chameau qui traverse l'isthme, le requin qui traverse le détroit poursuivant sa proie, l'oiseau voyageur dont l'aile ne connaît point d'obstacle, et les misérables habitants de la terre et des eaux qui trouvent dans l'isthme ou le détroit un obstacle à leurs migrations; imaginez tous ces êtres éclairés de la lumière de la conscience et capables de philosopher, chacun d'eux considérant l'isthme et le détroit de son point de vue, assignerait à leur existence un autre but. Cette manière d'envisager la nature d'après les idées de *fin* s'appelle le point de vue téléologique. — Arrive à présent le géologue de nos jours. Il cherche les *causes* du phénomène, et il conclut que le détroit existe non pas pour remplir telle ou telle fin, mais parce que l'écorce terrestre s'est affaissée à cet endroit, le détroit parce qu'entre deux affaissements a subsisté une langue étroite qui les domine; et de même que la fin est diverse et peut être conçue diverse-

Digitized by Google

ment, cette élévation et ces affaissements ont résulté du concours de plusieurs forces.

Tout phénomène de la nature est l'effet de causes déterminées. Le naturaliste a pour rôle de s'élever d'un fait à ses causes prochaines, puis, celles-ci une fois connues, aux causes des causes. Mais tout phénomène donne lieu à son tour à des phénomènes nouveaux; il a des fonctions, il a aussi des résultats. Il est un centre, qui non-seulement est le terme d'une pluralité de causes convergentes, dont la rencontre aboutit à un fait unique, mais le point de départ d'une multiplicité d'effets divergents, qui se propagent et opèrent eux-mêmes dans des cercles plus ou moins larges. L'investigateur a donc à découvrir et à constater dans la nature, d'une part la régularité et la nécessité, de l'autre la tendance et les résultats. Il ne sort pas de sa sphère dès qu'il n'a en vue que la cause prochaine et la conséquence immédiate, mais il en franchit les limites, dès qu'il conçoit l'idée de pénétrer la fin dernière et intentionnelle.

Pour pénétrer le but, il faut embrasser l'œuvre tout entière. Dans une machine compliquée, qui nous est inconnue, nous pouvons bien apercevoir la cause du mouvement et l'effet produit par chaque roue et chaque balancier; le but ne nous devient visible que lorsque nous sommes éclairés sur la structure et le plan de la machine entière. Du vaste ensemble de la nature nous ne saisissons que de très-petits fragments, juste ce qu'il faut pour nous laisser soupçonner que tout en est organisé sur un plan harmonieux. Découvrir ce plan, et arriver à une conception téléologique des choses est sans doute le but le plus élevé, mais aussi éternellement inaccessible des recherches humaines.

De là vient, messieurs, que tous les essais d'application téléologique échouent nécessairement. Une loi de cet ordre, c'est, par exemple, la loi d'économie. Les puissants de cette terre ne sont pas les seuls à imposer aux moins puissants des lois somptuaires. La nature elle-même, prêchant d'exemple, se serait imposé une loi semblable, et selon cette loi, elle administrerait la matière et la force en bonne ménagère et produirait le maximum d'effet utile avec la moindre dépense d'effort. Eh bien! on aurait tout aussi bien le droit d'attribuer à la nature une loi de prodigalité, puisqu'il est tout aussi fréquent de la voir faire la plus grande dépense pour produire un tout petit résultat et prendre les plus longs détours pour atteindre un but immédiat. Il existe, par exemple, un grand champignon sphérique, *Lycorperdon bovista*, de Linné, qui atteint en peu de jours une taille de deux pieds. A l'exception d'une mince pellicule qui lui sert d'enveloppe, il est entièrement rempli à l'intérieur d'un tissu formé de semences sphériques très-petites. Celles-ci ont un diamètre de 1/500 de ligne; en supposant seulement la dixième partie de la cavité du champignon remplie de ces semences, elle en contiendrait plus de 2 billions. Cela peut, à bon droit, vous paraître un vrai luxe, puisque un très-petit nombre de ces semences germent, et puisque le champignon n'en a peut-être pas besoin pour se propager, s'il est vrai qu'il puisse se produire spontanément.

Ce qu'il y a d'illogique dans des conceptions de cette espèce, c'est de transporter à l'ordre divin des idées tout humaines, telles que celles d'utilité ou d'action nuisible, d'épargne et de prodigalité, de beauté et de laideur, c'est d'appliquer à l'infini une mesure finie. Autant a de valeur sous le rapport esthétique et pédagogique une conception de la nature fondée sur les notions de fin et début, autant elle est étrangère aux règles d'une science exacte et rigoureuse.

Pour revenir à ma question, il ne s'agit pas ici, messieurs, de savoir si la mort de l'individu est utile en elle-même, ou bien si elle est un moyen d'atteindre un but intentionnel; il s'agit de savoir seulement quelles conséquences engendre, relativement au progrès de l'espèce humaine, la durée limitée de la vie humaine. Je ne veux parler ici que du développement des sciences naturelles. Il n'est pas de domaine où il importe au même degré de connaître et d'embrasser un grand nombre de faits. Les observations et les expériences des autres sont, il est vrai, consignées dans leurs œuvres; mais celles-ci n'en contiennent certainement que la plus petite partie. Et cependant les matériaux transmis s'accumulent à tel point, qu'on craint d'être accablé sous leur poids, qu'une vie d'homme ne suffirait plus pour s'approprier les expériences des autres et y ajouter les siennes. Dans une science empirique les faits sont l'essentiel; cet axiome tant répété n'est vrai pourtant que jusqu'au moment où la loi est déduite des faits. Alors ceux-ci deviennent l'accessoire. Non pas qu'il n'y ait plus qu'à les rejeter complétement dans l'arsenal où est entassé le fatras scientifique, mais ils n'ont plus chacun à part et dans leur diversité aucune valeur, puisqu'ils sont tous contenus dans la loi. C'est pourquoi nous n'en conservons qu'un seul ou tout au plus quelques-uns parmi ceux qui expriment la loi avec le plus de pureté et de simplicité, et nous oublions sans regret tous les autres.

Il est une autre considération intimement liée avec celle que je viens de vous soumettre et plus importante encore. La nature reste toujours la même, il est vrai, mais elle nous apparaît sans cesse sous une lumière différente. Nous faisons d'autres observations, nous saisissons dans la nature d'autres faits que nos devanciers. Des recherches dans lesquelles l'ardeur et la sagacité ont été prodiguées ne nous intéressent plus. Des débats, qui divisaient le monde savant, sont oubliés. Avec le développement de l'esprit scientifique, la découverte de nouveaux points de vue et de nouvelles méthodes, le rôle de l'observation devient autre. Toute direction est nécessairement suivie jusqu'à un certain point, puis destinée à faire place à une autre. Non pas que nous tournions dans un cercle, et que nous nous éprenions aujourd'hui d'une idée, demain d'une autre. Mais l'explorateur monte de sommet en sommet; de nouvelles perspectives s'ouvrent à ses yeux, l'horizon s'étend, l'air est plus pur; il se sent plus libre, plus loin du tumulte humain, plus près de l'éther éternel. Les méthodes surannées, les débats éteints, sont les passages qu'il a fallu successivement traverser pour atteindre une conception de la science plus complète.

Pour hâter ce développement, il est nécessaire que des forces fraîches, des idées nouvelles, entrent nécessairement dans la carrière et que les vieux athlètes laissent à de nouveaux l'accomplissement d'une nouvelle tâche. On a déjà vu bien des fois une autorité vivre trop longtemps pour le progrès de la science, la maintenir plus qu'il ne convenait dans une direction donnée, et l'empêcher d'entrer dans des voies plus fécondes. Nous pouvons donc, sans manquer à la juste reconnaissance due aux hommes qui, à chaque époque et à tous les âges de la science ont bien mérité d'elle, nous féliciter, dans l'intérêt de la science elle-même, que ces autorités n'aient pas eu la longévité de Mathusalem. C'est donc une loi parfaitement sage, que le savoir et l'intelligence humaine ne

Digitized by Google

puissent être transmis intégralement, et qu'au contraire l'esprit soit forcé de développer en lui ses aptitudes les plus générales. C'est par ce moyen qu'il jouit d'une liberté et d'une indépendance plus grande; c'est ainsi qu'il peut dégager les matériaux à lui transmis de ce qu'ils ont d'éléments superflus, inutiles dans la forme et le fond, et de passer du bon au meilleur. De ce que l'homme n'hérite que des aptitudes, résulte pour lui la perfectibilité, la faculté d'atteindre à l'individualité la plus complète, et l'individualité est l'organe nécessaire de tout progrès intellectuel.

Il en est à cet égard de l'ordre physique tout comme du monde spirituel. Les individus y sont dans la nature les supports nécessaires de la vie. Par individu nous entendons un phénomène un, que nous ne saurions diviser sans anéantir son essence, qui par conséquent forme un tout clos, ayant son développement propre et soutenant avec le monde extérieur des rapports particuliers. Le monde ne se compose que d'individus; c'est un point mis hors de doute depuis qu'on a a vu, grâce au télescope, les nébuleuses de la voie lactée se résoudre en un nombre infini de corps distincts. Soleil, planètes, lunes, comètes, chacun avec une masse et un mouvement propres, maintiennent l'équilibre du ciel, ou selon l'expression des astronomes antiques, constituent l'harmonie des sphères.

Arrachons nos yeux à l'enchantement du ciel étoilé et jetons un regard sur notre terre; nous y rencontrons un ensemble confus de substances diverses, qui paraissent se composer de masses continues. Mais de même que sous le microscope un morceau de bois ne se compose plus que de petites cellules individuelles, de même la physique et la chimie ont décomposé les substances inorganiques en particules individuelles ou atomes. Et comme dans les espaces célestes les corps infiniment grands sont maintenus en équilibre par l'action de deux forces opposées, ainsi les atomes infiniment petits sont suspendus à certaines distances les uns des autres, maintenus, et portés à se chercher et à se fuir par des affinités contraires. De l'ordre dans lequel ils sont groupés et des forces par lesquelles ils agissent les unes sur les autres, résultent les propriétés des substances. Ainsi la glace, l'eau et la vapeur d'eau qui, mêlée à l'air, lui donne sa coloration bleue, sont la même substance sous trois formes. Dans la glace, l'attraction et la répulsion, dont sont douées les molécules, se font équilibre, mais agissent dans des directions différentes et déterminées ; de là la résistance que les molécules opposent au mouvement qu'on veut leur donner; la glace est solide. Dans l'eau, les atomes ont pareillement une tendance égale à s'approcher et à s'écarter l'un de l'autre; mais aucune direction ne prédomine dans l'action de ces forces; c'est pourquoi elles sont mobiles l'une sur l'autre et l'eau est fluide. Dans la vapeur d'eau, qui est invisible et aériforme, comme dans l'air lui-même, ce qui l'emporte, c'est l'antipathie réciproque des petits individus; ils se fuient et se dispersent dans l'espace infini jusqu'à ce que la pesanteur, en vertu de laquelle la terre les enchaîne, mette un frein à cette répulsion mutuelle et les contraigne à la paix. Cependant la répulsion des molécules de l'air, les unes vis-à-vis des autres, est telle que l'atmosphère atteint une hauteur de 9 ou 10 milles, tandis que, liquifiée et avec la densité de l'eau, elle n'aurait guère qu'une profondeur de 32 pieds. En sorte que les atomes sont en moyenne 7000 fois plus distants l'un de l'autre qu'ils ne le seraient dans l'état liquide.

Les substances gazéiformes et liquides s'offrent à nous comme masses, et non sous forme individuelle, encore que les liquides puissent former des gouttes ou des vésicules. Mais les substances, en passant de l'état liquide à l'état solide, représentent des individus d'ordres supérieurs. Les molécules s'ordonnent dans des directions déterminées et produisent des cristaux toutes les fois qu'il leur est laissé assez d'espace pour se déposer librement et qu'elles se trouvent d'ailleurs dans des conditions favorables. La pluie solide tombe en innombrables cristaux de neige, qui affectent la forme la plus délicate; des solutions de sucre et de sel de cuisine laissent par la vaporisation, ou l'évaporation, un dépôt de cristaux. Mais ces derniers ont une tendance à se déposer en accumulations confuses. Souvent la substance solide présente simplement un amas cristallin plus ou moins net, et lorsqu'elle passe de l'état liquide ou de l'état de fusion à l'état solide, elle apparaît même souvent entièrement homogène, comme la graisse, le plomb. La tendance de la substance à s'individualiser est contrariée ici par d'autres forces et arrêtée dès le commencement. Au lieu de grands cristaux, on reconnaît ici un nombre infini de groupes d'atomes et de rudiments de cristaux enchevêtrés les uns dans les autres.

Ainsi partout dans le monde inorganique, là même où nous n'apercevons au premier coup d'œil que confusion et chaos, règne entre les molécules une merveilleuse ordonnance et entre leurs forces un admirable équilibre. Le pied du promeneur touche avec mépris et répugnance la boue et le limon. Mais il n'est pas de chef-d'œuvre, sorti des mains de l'homme, où existe une harmonie entre les parties, une régularité, une symétrie, une ordonnance comparables à celles que présentent les atomes et les molécules dont sont formées les substances de ce que vous pouvez appeler le cinquième élément. Dans ce prétendu limon, tout est individualisé et hiérarchisé; les individus les plus simples (atomes) forment des individus supérieurs ou plus compliqués, tout cela avec un art et une logique dont n'approchent pas les divisions et les classifications de nos livres les mieux ordonnés.

Comme de la masse liquide sort un nouveau monde d'individualités supérieures, savoir les formations cristallines, ainsi s'élève sur le fondement du règne inorganique le monde des individus organisés, les végétaux et les animaux. Je m'attacherai surtout aux premiers.

Quand nous analysons une plante d'un ordre élevé, elle se décompose d'abord en groupes d'organes, comme les branches garnies de feuilles, les bourgeons, les pédoncules, les fleurs. Ces groupes se réduisent à leur tour aux organes particuliers; ceux-ci se décomposent souvent à la simple vue en d'autres parties et sont constitués intérieurement par des tissus et des systèmes qui se ramènent en dernière analyse aux organes élémentaires ou cellules. La cellule, généralement insaisissable à l'œil nu, est une vésicule. Nous pouvons la comparer avec une bulle de savon, sauf cette différence que celle-ci est formée d'une pellicule d'eau et remplie d'air. Dans la cellule végétale au contraire, l'enveloppe est formée de bois ou d'une substance analogue, le contenu est formé d'eau et de substances solides et solubles, organiques et inorganiques. Les bulles de savon réunies forment la mousse. De la même manière plusieurs cellules juxtaposées composent un tissu, de la plus grande régularité, et qui peut offrir une ressemblance parfaite avec le rayon d'une ruche d'abeilles. Mais les cellules sont beaucoup plus petites; il en faut ordi-

Digitized by Google

nairement de 20 à 50 ou 100, juxtaposées l'une à l'autre, pour remplir l'espace d'une ligne. J'ai même trouvé un champignon, produit par une fermentation de vin, dont les cellules étaient telles qu'il en aurait fallu deux à trois mille pour remplir l'espace d'une ligne. Dans une goutte de vin (de 1 1/2''' de diamètre) 10 000-20 000 millions de ces petites cellules auraient pu trouver place, pourvu qu'elles fussent assez rapprochées pour se toucher.

Si petite pourtant que soit la cellule, elle est elle-même un organisme compliqué, qui se compose de parties individuelles. Ces parties se comptent quelquefois par centaines dans une cellule, et quelquefois aussi nous reconnaissons qu'elles sont à leur tour et selon leur grandeur plus ou moins compliquées. Tels sont les grains de fécule qui, réunis en masse, forment l'amidon, et dont quelques-uns sont formés de 50 à 100 couches différentes.

Toutes les parties, de quelque ordre qu'elles soient, qui composent une plante, sont des formations individuelles. On discute encore, il est vrai, dans la science, sur la question de savoir ce qu'il faut considérer comme l'individu dans le règne végétal. Les anciens botanistes considéraient comme tel l'arbre entier; une école plus moderne soutenait au contraire que le bouton, et le jet auquel il donne naissance, est l'individu véritable, et que l'arbre est un conglomérat d'individus. L'école la plus récente est allée plus loin; elle a voulu ne reconnaître qu'à la cellule végétale le droit de prétendre à l'individualité. Le débat est à peu près analogue à ce que serait celui qui, dans l'histoire de l'humanité, aurait pour objet d'établir lequel de la race, de l'État, de la commune, ou de la famille, doit être considéré comme l'individualité réelle. Au point de vue général, tous ont même droit d'y prétendre; mais il se peut que le caractère individuel prédomine tantôt dans l'un, tantôt dans l'autre. Dans le règne végétal, l'arbre est individuel, aussi bien que chacune de ses parties; on le voit bien à ce fait que le bourgeon, tout comme l'organe et la cellule, peut se séparer, continuer à vivre d'une vie indépendante et produire un nouvel arbre. Aux degrés les plus bas du règne végétal, la cellule à elle seule forme une plante; un peu plus haut nous rencontrons des êtres qui se composent d'un seul organe, formé de plusieurs cellules, semblables par exemple au cil ou à la feuille d'une plante à fleur. A mesure que nous nous élevons dans le règne, la structure se complique, la cellule et l'organe perdent en indépendance, l'individualité de la plante entière se fortifie.

La question de l'individualité dans le règne végétal a été et est encore en partie un sujet de discussion sans résultat, et cela, messieurs, parce qu'on cherche dans l'individu végétal la réunion de deux caractères qui ne marchent pas parallèlement, mais qui au contraire se croisent. Il faut non-seulement que l'individu soit logiquement un tout clos, mais encore qu'il ait la faculté de subsister d'une manière indépendante, comme c'est le cas dans la plupart des individus animaux. La plante entière ne pouvait constituer scientifiquement l'individu cherché, car elle ne présente à aucun égard une idée nettement circonscrite. Elle se résout successivement par rejetons comme la fraise, par tubercules comme la pomme de terre, en deux ou plusieurs individus sans qu'il soit possible de tracer entre eux une ligne de démarcation fixe; et l'on peut couper artificiellement la plante ou ses parties en morceaux qui continuent à vivre et à se développer d'une manière indépendante.

Pour fixer l'idée incertaine de l'individu, la théorie de Gallesio admettait tout le développement qui procède d'une semence unique, comme constituant l'individu, et considérait toutes les plantes nouvelles qui en proviennent par division, marcotte, rejeton, etc., comme en étant de simples parties. De cette manière, par exemple, tous les faux acacias à branches sans épines (*Robinia pseudacacia*), répandus sur la surface de l'Europe seraient un seul individu; de même, tous les chataigniers rouges à fleurs doubles; car les uns et les autres sont venus par division d'une plante unique. Mais c'était là porter un défi trop violent au sentiment naturel. Nous ne saurions nous faire à l'idée que le saule pleureur qui ombrageait le tombeau de Napoléon à Sainte-Hélène soit un même individu avec l'arbre dont les branches pendantes se mirent dans la pièce d'eau de notre jardin; et c'est là cependant ce qu'il faudrait admettre, puisque tous les saules pleureurs de l'Europe sont venus par bouture d'un seul arbre, apporté au siècle dernier d'Orient en Angleterre.

Il était nécessaire de faire mieux accorder l'idée et la réalité. C'est à cette fin que Darwin envisagea le bourgeon et le jet qui en sort (tige, branche, rameau, fleur) comme l'individu, et l'arbre comme un conglomérat d'individus. Cette vue a été adoptée par la plupart des botanistes modernes. Mais les partisans de cette théorie pourraient être gravement embarrassés par un arboriculteur. Il y a des arbres, le pin par exemple, dont la tige s'accroît, tout le temps qu'il vit, en longueur par le bourgeon terminal qui se trouve à sa pointe. Or, la pointe peut être coupée et plantée. On obtient ainsi un second arbre, auquel on peut également enlever la pointe pour en obtenir un troisième. On conçoit qu'en répétant le procédé, le même bourgeon terminal soit employé à produire peu à peu toute une allée d'arbres. Et toutes ces tiges d'arbres, indépendantes les unes des autres, pourvues, chacune, de leurs racines propres, mais privées de leur pointe, seraient toutes ensemble un seul et même individu.

Turpin avait déjà dit que la cellule est l'individu; mais le véritable auteur de cette théorie, c'est Schleiden. Quoique la cellule ne soit pas dans la plupart des cas indépendante et capable de subsister à part, elle n'en représente pas moins généralement un tout clos. Cependant nous rencontrons ici la même difficulté qu'à propos de l'arbre entier. Il y a des cellules (les plantes à une seule cellule du groupe des algues, les siphonées et quelques champignons) qui croissent indéfiniment d'une manière filiforme, se ramifient et se subdivisent successivement en deux ou plusieurs cellules. Il faudrait ici, par analogie avec le bourgeon et le jet à feuilles dans les plantes supérieures, considérer chaque partie ou chaque rameau de la cellule comme un individu.

Il est donc impossible de fixer de telle sorte la base de l'individualité dans le règne végétal qu'elle représente, en même temps une idée une, nettement déterminée, et un phénomène formé d'éléments solidaires, clos dans l'espace et indépendant Nous sommes obligés de séparer ces deux aspects de l'individualité; il faut en d'autres termes distinguer entre les individus morphologiques et les individus physiologiques. Au point de vue morphologique, les rameaux cellulaires, les cellules, les organes, les bourgeons et les branches à feuilles, les arbres entiers, sont individuels; car chacun de ces phénomènes a son origine propre, son développement particulier, et arrive à former un tout intérieurement déterminé. Mais ils appartiennent à des ordres différents de l'individualité,

Digitized by Google

dont les plus bas (cellules et rameaux cellulaires) sont représentés par des plantes des degrés inférieurs, tandis que les plantes supérieures réunissent en elles tous les degrés de l'individualité. Sous le rapport physiologique, il faut considérer comme individuel ce qui peut vivre à part d'une vie indépendante. Dans les plantes les plus inférieures les cellules sont individuelles. De toutes les cellules d'un arbre au contraire les grains de pollen de la fleur sont les seules qui puissent exister à part, tandis que les autres périssent dès qu'elles sont séparées de l'ensemble. La plupart des organes sont également incapables d'une existence indépendante. Des bourgeons et des rejetons, ceux-là seuls se montrent physiologiquement individuels, qui forment les feuilles vertes; ils peuvent, séparés, donner naissance à de nouvelles plantes. Les bourgeons, d'où sortent les fleurs, ne possèdent pas cette propriété.

Du reste, messieurs, sans m'étendre davantage sur les diversités que présente la formation de l'individualité totale et sa décomposition en parties individuelles, je ne m'arrête qu'aux traits communs et généraux. C'est à savoir le changement dans l'individu lui-même, et le changement des individus qui se succèdent.

Le changement dans l'individu, qui sépare d'une manière si caractéristique la vie organique de l'existence inorganique, se manifeste de la manière la plus simple et la plus aisément accessible quant aux causes qui le produisent dans les formations organiques les plus simples de toutes, dans les grains du contenu cellulaire. L'amidon et le sucre ont exactement la même composition. Le sucre cristallise comme un corps inorganique; il admet à peu près la dix-huitième partie de son poids d'eau. Les molécules du sucre ne sont séparées les unes des autres par aucune substance; elles peuvent par conséquent exercer dans leur plénitude leurs forces moléculaires, et imprimer à l'ensemble solide qu'elles constituent une forme cristalline nettement marquée. Lorsque l'amidon se solidifie, il prend à peu près une égale quantité d'eau. L'interposition des molécules d'eau paralyse notablement l'action moléculaire entre les parties solides, et le grain de fécule qui se sépare de la solution aqueuse a une forme globulaire, comme la goutte d'eau et la vésicule gazeuse. Il y a sans doute des cristaux inorganiques qui contiennent autant d'eau que de substance et qui cependant sont terminés par des surfaces planes, des arêtes et des angles nets. Comme aussi on rencontre des cristaux à surfaces courbes et sphériques tels que le diamant, le spath calcaire, et autres, dont les surfaces courbes résultent vraisemblablement d'un nombre infini de petites arêtes. Mais ce n'en est pas moins le fait d'un inégal contenu d'eau dans le cristal du sucre et dans le grain de fécule, joint à celui d'un arrangement des molécules particulier dans l'un et dans l'autre, qui produit essentiellement la différence de forme, puisqu'ils ont l'un et l'autre la même composition. Les cristaux inorganiques se comportent comme le sucre, les formations organiques comme le grain de fécule.

Avec la différence dans la forme coïncide la différence dans la fonction. Les cristaux inorganiques ne sont pas pénétrés par l'eau, ils ne peuvent donc admettre en eux aucune substance. Les molécules, qui se précipitent du liquide d'une manière continue, se déposent en couches superficielles; la couche interne est la plus ancienne, la couche externe la plus récente. Le cristal est immuable dans sa substance.

Les grains de fécule et tous les corps organisés solides sont pénétrés par l'eau. Avec l'eau y pénètrent aussi toutes les substances solubles qu'elle contient. La croissance s'opère par une addition de matière introduite dans le corps, la formation des couches par une nutrition inégale, par une différentiation à l'intérieur (1).

Avec l'eau pénètrent dans les corps organisés non-seulement des substances homogènes, qui produisent la croissance, mais encore des substances différentes d'où résultent des transformations chimiques et des modifications de structure. Quand la cellule ne se forme pas directement par division de cellules préexistantes, mais naît directement de matières inorganiques, elle s'offre d'abord sous l'aspect d'une petite sphère de substance albumineuse demi-liquide (protoplasma); cette sphère n'admet pas seulement l'eau, comme le grain de fécule, de manière à se nourrir et à s'accroître, de plus, l'excès du liquide, en y pénétrant, finit par détruire la continuité de la substance à l'intérieur ; il s'y forme des intervalles remplis d'eau, et finalement un grand vide unique. La sphère solide est changée en vésicule. Les phénomènes qui s'accomplissent désormais dans la cellule sont internes sous un double rapport : car ils s'accomplissent d'une part dans le liquide enfermé, de l'autre dans l'intérieur de la substance enveloppante. Eh bien! la plus grande des transformations dont j'ai parlé est précisément ce passage du grain de matière albumineuse à l'état de cellule.

La cellule et ses parties sont dans un changement continuel, il s'y opère une circulation de matière incessante, tant que dure la vie active. Ces phénomènes successifs s'accomplissent au moyen de l'eau, qui remplit la cavité de la cellule et en pénètre les parties. Toutes les parties vivantes des plantes contiennent une quantité d'eau considérable ; les pommes de terre, par exemple, qu'il faut compter cependant au nombre des parties relativement les plus solides et les plus riches en substance, se composent de 70 pour 100 d'eau et seulement de 30 pour 100 de matière solide. Sans eau, point de vie. Si les organismes se dessèchent, toute activité cesse, généralement la mort s'ensuit. Plusieurs plantes et parties de plantes passent toutefois simplement à un état de mort apparente ; dès qu'elles sont derechef pénétrées d'eau, elles ont la faculté de reprendre les fonctions vitales (2). On

(1) On a généralement admis jusqu'à présent que les substances organiques formées de couches, comme les cristaux, se produisent par superposition des couches. Des observations faites sur les grains de fécule, qui fournissent à peu près le seul objet propre à de telles recherches, m'ont prouvé de la manière la plus décisive que la croissance s'opère par l'intérieur. La solution de fécule pénètre dans le grain, et de nouvelles molécules sont déposées entre les molécules solides. Par l'effet d'une addition inégale de matière, la substance primitivement homogène se répartit en couches contenant des quantités d'eau différentes. Il est certain que quelques membranes feuilletées ont aussi la même origine. La disposition par couches des substances organiques, au moins de plusieurs, est donc le résultat d'un travail interne, tandis qu'elle est produite dans le cristal par un dépôt extérieur.

(2) La plupart des substances organiques, ou au moins toutes les substances organisées, ont la propriété de s'imbiber d'eau et de se dessécher à l'air par évaporation. A l'état sec, elles ne subissent, au moins quant à la structure, à peu près aucune altération. Mais lorsque l'eau y pénètre, elle opère aussitôt, pourvu que la température ne soit pas trop basse, des transformations chimiques. Ou bien ces transformations sont les mêmes qu'avant la dessiccation : la substance organisée qui se trouvait dans un état de vie latente ou de végétation suspendue, continue à vivre. Ou bien la substance a éprouvé dans la dessiccation ou pendant qu'elle était desséchée, un changement plus considérable : elle est morte. Les transformations chimiques produites par l'eau constituent alors la fermentation, la dissolution, la putréfaction.

Digitized by Google

sait que des graines desséchées peuvent être conservées fort longtemps, que l'on conserve du blé durant des siècles. Des grains de froment, déposés il y a trois mille ans auprès des momies égyptiennes, germent encore de nos jours. Des mousses, des lichens et autres végétations inférieures, qui viennent sur les rochers et les arbres, se dessèchent avec le beau temps et revivent avec la pluie. Des mousses déposées depuis cent ans dans un herbier peuvent végéter de nouveau, quand on les humecte. Pour une plante d'eau unicellulaire microscopique (*Chlamydococcus pluvialis*), laquelle vit dans les anfractuosités de rochers et de murailles, où la pluie séjourne quelque temps, la dessiccation périodique est même une condition d'existence. Si on la cultive dans un bassin, les générations languissent, s'appauvrissent et meurent enfin par excès de nutrition et ramollissement. Mais si on les laisse à sec de temps à autre, et qu'on mette ce peuple de petites cellules au régime de la soif et de la faim, l'eau les ranime et les fait revivre, après des semaines et des années. Certains animalcules peuvent aussi être desséchés sans perdre leurs facultés vitales. Au bout de plusieurs années ils ressuscitent dans l'eau et se remuent, comme s'ils n'avaient fait que se reposer. Tous ces phénomènes résultent d'un fait général, savoir la périodicité dans la vie des plantes. La plante et ses organes ne peuvent pas végéter et vivre d'une manière continue. L'activité souffre au moins annuellement une interruption, soit par abaissement de la température, soit par privation de l'eau. Quant à la cause qui rend nécessaire ce repos de la végétation, nous l'ignorons entièrement; mais c'est un fait sans exception que toutes les plantes passent périodiquement à l'état de repos.

Mais dans la plante non-seulement toutes les cellules vivantes et leurs parties constituantes sont dans un état de changement continuel, mais encore les mêmes cellules ne servent aux fonctions vitales que pendant un certain temps, rarement pendant plus de trois ou quatre mois; elles sont alors remplacées par d'autres cellules du même organe, ou de nouveaux organes remplacent les anciens. Deux exemples familiers peuvent éclaircir cette observation. Les dahlias, qui hier encore, au milieu d'un automne doux, décoraient nos jardins de leurs fleurs éclatantes, succombent à une seule nuit de froid vif; leurs fleurs, leurs feuilles, s'inclinent aujourd'hui épuisées et flétries; bientôt elles se dessèchent et noircissent au soleil. Les tiges ligneuses et dures de la plante elle-même partagent le sort commun. Seules, les parties cachées dans la terre restent vivantes, pour déployer chaque année de nouveaux rejetons, qui cherchent les rayons du soleil, se balancent au vent, se désaltèrent de la rosée du ciel. Mais les organes cachés dans la terre se renouvellent eux-mêmes incessamment. Les parties de l'année passée pourrissent; et chaque année, au pied souterrain de la tige, se forment quelques bourgeons et quelques racines tuberculeuses; celles-ci absorbent les éléments nutritifs élaborés par les feuilles, lesquels sont employés au printemps au développement det bourgeons, d'où naissent des jets qui se couvrent de feuilles et de fleurs.

Le pommier donne annuellement de nouvelles feuilles, de nouvelles fleurs, de nouveaux fruits. Les fleurs se flétrissent, les fruits sont cueillis, les feuilles tombent en automne. Reste la tige avec les branches et les racines; mais chaque année il naît sur la tige de nouveaux jets, qui portent des fleurs et des feuilles, et aux racines s'ajoutent des prolongements nouveaux, et des filaments latéraux qui aspirent le suc nourricier. Les parties qui se trouvent entre les deux extrémités, entre les racines et les rameaux, restent les mêmes, il est vrai; mais de nouveaux tissus se chargent annuellement de conduire en haut dans les feuilles les sucs nutritifs grossiers, et de porter en bas aux racines les aliments assimilés. Chaque année il se forme à la surface externe du bois une nouvelle couche; la surface la plus extérieure du bois, celle qui se compose des anneaux des dernières années, et surtout le tissu qui la recouvre, sont les seules parties vivantes; toute la masse intérieure du bois et de la moelle sont privées de vie. De même dans l'écorce la partie la plus interne est la seule qui vive. Dans tout l'arbre il n'y a donc qu'une portion relativement très-petite du tissu qui vive, les pointes des branches avec leurs feuilles et leurs fleurs, les bouts des racines, et dans tout le reste une mince couche entre le bois et l'écorce. Prenez un tilleul de grande taille; s'il se compose par exemple de 2000 billions de cellules, il y en aura peut-être 1980 billions de mortes et seulement 20 billions en pleine vitalité. De celles-ci, qui s'accroissent continuellement, les plus extérieures et les plus intérieures meurent sans cesse au fur et à mesure, les premières pour former l'enveloppe sèche, brune ou noire, exposée aux intempéries du temps, qui les détruisent en partie et les font tomber par écailles; les secondes pour se changer, à mesure qu'elles sont recouvertes par d'autres couches, en bois fait et se momifier, protégées qu'elles sont par les parties supérieures contre l'action de l'air. Si une blessure met le bois à nu, il se pourrit et le tronc se creuse. Mais l'arbre devenu creux n'en continue pas moins à croître et à prospérer; il n'a perdu que du bois mort.

L'arbre n'est donc, à vrai dire, alors même qu'il nous apparaît comme une masse vivante, qu'une grande nécropole, sous la garde d'un petit nombre de veilleurs vivants, un vaste cimetière dont la surface porte la génération vivante destinée à rejoindre perpétuellement celles qui l'ont précédée.

La vie de la plante est dans un mouvement continuel; elle passe sans relâche dans de nouveaux organes, et à l'intérieur du même organe dans de nouveaux tissus et de nouvelles cellules. De là vient que la plante grandit et donne naissance à de nouvelles parties tant qu'elle existe; sa croissance est illimitée. Il n'en est pas de même de l'animal et de l'homme. Les organes de l'adulte subsistent et fonctionnent, à peu d'exceptions près, pendant toute la vie. Mais dans leur substance s'opère une rénovation incessante, attendu que par la circulation de la matière certaines molécules sont emportées et remplacées par un nombre à peu près égal de nouvelles. En sorte qu'en peu de mois le contenu matériel du corps est renouvelé plus tôt dans tels organes, plus tard dans tels autres. Les expressions « je n'entends plus des mêmes oreilles, je ne vois plus des mêmes yeux », n'ont pas seulement un sens figuré. Car nos yeux et nos oreilles d'il y a un an sont identiques à peu près, au même titre qu'un couteau auque nous faisons mettre aujourd'hui une lame neuve, demain un manche neuf.

La plante et l'animal diffèrent donc, en ce que dans celui-ci la substance change, et dans celle-là elle augmente. La plante vit en avare; elle prend constamment plus qu'elle ne donne; elle amasse toute sa vie des trésors que ni elle ni ses descendants n'emploieront. Les revenus chez la plante surpassent toujours les dépenses, il s'ensuit que dans l'ordre naturel elle doit vivre toujours, ou que du moins elle n'est

Digitized by Google

pas de ce côté exposée à périr. L'animal au contraire a un budget strictement calculé; les recettes, les dépenses, peuvent l'emporter tour à tour en quelque chose; il n'en résulte pas, à l'état normal, un désordre essentiel. Mais dès que la différence atteint un certain point et que les dépenses dépassent d'une certaine quantité les recettes, la banqueroute est proche. La maladie et la décrépitude amènent la mort.

La plante et l'animal ont cela de commun, que chez l'un et l'autre la substance se renouvelle continuellement. L'identité de la nature paraît ne pas être la même que celle de l'esprit. L'identité de la nature consiste dans le changement, nous faisons résider celle de l'esprit dans la permanence. Une autre différence, c'est que dans l'ordre matériel le contenu change, tandis que la forme demeure ou se reproduit identiquement; dans l'ordre de l'esprit, l'identité n'exclut pas le changement dans la forme pourvu que le fond soit le même. Cependant, cette opposition de la nature et de l'esprit disparaît lorsque, dans l'esprit et la nature, nous embrassons la totalité et que nous mettons en ligne de compte dans la nature le permanent, c'est-à-dire l'idée, et dans l'esprit le mouvement, c'est-à-dire le progrès nécessaire.

Le changement dans l'individu amène la destruction; la cellule, l'organe, la plante, ont une durée limitée. Il y a des végétaux qui ne vivent que quelques heures ou quelques jours, cependant d'autres atteignent un âge très-avancé, et leur durée semble indéfinie. A Fribourg, en Suisse, on a planté en 1476 un arbre connu sous le nom de tilleul de Morat, le jour où l'on reçut la nouvelle de la victoire de Morat; il subsiste encore. Il existait alors, au même endroit, un autre tilleul déjà fameux pour son antiquité; il fut mutilé par les teinturiers, qui profitèrent du tumulte de la bataille pour en enlever l'écorce; mais il a survécu à cette atteinte et il comportait, en 1831, à 4 pieds au-dessus du sol, 36 pieds de circonférence. Mais à Neustadt, dans le Wurtemberg, se trouve un tilleul plus remarquable encore. Il était déjà très-remarquable en 1229, car la ville ayant été détruite en 1226, elle fut rebâtie au « grand tilleul. » Au XVII^e siècle, cette ville se distinguait des nombreuses localités homonymes par le nom de Neustadt au « grand tilleul. » On lit dans une vieille poésie de 1408 :

Devant la porte un tilleul s'élève
Qui a soixante-dix-sept colonnes....

c'est-à-dire des piliers de pierre pour soutenir ses branches. Il a fallu encore en ajouter de nouveaux; il y en a maintenant cent six, quoique l'arbre ait souffert des orages et perdu de ses branches. — On connaît encore un pin gigantesque d'un très-grand âge, à l'est de Courmayeur sur le mont Bégué; les habitants l'appellent l'étable aux charrois; il a plus de douze cents ans. Il y a en Angleterre des ifs âgés de douze cents à trois mille ans; le plus célèbre est dans le cimetière de Grasfort, dans le pays de Galles; il y a sur l'Étna un châtaignier colossal, *Castagna dei cento cavalli.* — A Santa-Maria del Tule, au Mexique, un cyprès qui mesure 124 pieds espagnols de circonférence, et d'où sort, à l'endroit où commencent les branches, c'est-à-dire à 25 pieds, une source d'eau. — A Orotava, sur le Ténériffe, l'arbre du dragon, dans le creux duquel on dressait déjà un autel où l'on disait la messe. Les plantes cultivées elles-mêmes peuvent atteindre une extrême vieillesse. On voit à Hildesheim, près de l'église, un rosier âgé de plus de huit cents ans, et il y a peu d'années, à Paris, à l'orangerie des Tuileries, on reconnut, en vidant les caisses, des arbres âgés de trois cents à sept cents ans. Mais les arbres les plus grands et les plus vieux sont les bertholletties au Brésil, et les baobabs, dans la Sénégambie; ces derniers portent une couronne de 170 pieds de large et ont un tronc de 80 à 90 pieds de circonférence. Il y en a un dans le creux duquel les nègres tiennent leurs assemblées. On a estimé son âge à six mille ans et au delà. Il y en a parmi eux qui, d'après le calcul le plus modéré, doivent avoir été contemporains d'Adam.

Ces géants du règne végétal, que la dent du temps n'attaque pas et qui chaque année étendent de nouveau leur toit de feuillage, diverses plantes herbacées qui, comme les dahlias, ne se lassent jamais de donner chaque année une tige nouvelle et de produire dans la terre, à leur base, un ou plusieurs bourgeons pour l'année suivante, offrent des exemples d'une durée en apparence indéfinie, et ont particulièrement contribué à établir dans la science, d'une manière assez générale, l'idée que beaucoup de végétaux ont une durée illimitée et ne périssent que par des accidents fortuits. Idée analogue au fond, quoique différente au premier aspect, à celle de plusieurs phygiologistes modernes, lesquels ont cru que la vie de l'organisme animal et humain durerait toujours, pourvu qu'on parvînt à remplacer exactement, par un régime approprié, la perte journalière. D'après cette manière de voir, pour arriver à l'immortalité sur la terre, il ne faudrait, au lieu de génie et de services, qu'un estomac qui digérât bien.

La question de savoir si l'individu comporte une durée indéfinie, intéresse trop la connaissance de son essence, pour qu'il me soit permis de la passer complétement sous silence. Il est clair que la solution n'en peut être trouvée empiriquement. Car, s'il existe des arbres âgés de six ou huit mille ans, qui peut-être ont couvert de leur ombre le berceau de l'humanité, cette durée n'est qu'une faible fraction de celle que la géologie accorde à l'histoire de la surface terrestre. La question doit se décider théoriquement, si l'on se place au point de vue mécanique, d'où l'on soutient la durée indéfinie, les conditions d'un mouvement perpétuel sont, soit l'inaltérabilité, soit le retour périodique à un état parfaitement le même. Ces deux conditions reviendraient à la durée absolue, c'est-à-dire au repos absolu. Tout mouvement non circulaire, tout phénomène matériel où se produit un changement doit tôt ou tard cesser d'être. On peut donc énoncer cette formule générale que tout ce qui est fini dans l'espace est fini dans le temps, et répéter, en le prenant dans son acception la plus littérale, le proverbe connu : « La nature a pris soin que les arbres ne montent pas jusqu'au ciel. »

Tout organisme étant vivant, c'est-à-dire dans un changement continu, a un terme déterminé par des causes internes. A cette loi se rattache la succession des individus, la production par un organisme d'autres organismes similaires. Le cristal n'est pas limité dans sa durée par des causes internes, il subsiste jusqu'à ce que des causes extérieures le dissolvent ou le brisent. Le sort de ses débris dépend entièrement des causes chimiques ou physiques dont l'action s'exercera sur lui.

Dans la nature organique au contraire la propagation est un fait général; le règne végétal l'offre à tous les degrés, qu'il s'agisse de plantes totales ou seulement de leurs parties. Les noyaux du contenu cellulaire, les cellules, les organes simples ou complexes se propagent très-souvent, et la croissance d'un organisme accompli, qui n'est autre chose que la propagation et le grossissement des parties individuelles dont il se compose. La

Digitized by Google

génération de nouveaux individus est l'acte suprême de la vie végétale. Il suppose tous les autres phénomènes, et il en clôt la série. La génération consiste en ce que le mouvement vital atteint un point identique à son point de départ. La suite des individus ou des générations est donc un mouvement périodique ou ondulatoire; chaque flot s'élève et retombe. En ce sens, toutes les séries d'êtres organisés, enchaînés par la génération, se ressemblent. Elles diffèrent en ce que, chez les unes, le mouvement vital individuel, simple et limité, s'élève peu au-dessus de son niveau le plus bas, tandis que chez les autres, au contraire, il se déploie avec une richesse et une variété extérieures.

Je voudrais établir ici une loi fort importante, selon moi, dans le monde végétal : elle exprime le rapport qui existe entre le développement individuel et la production d'individus nouveaux. Plus l'organisme est élevé, compliqué, divers, plus son individualité est indépendante de celui d'où il procède, c'est-à-dire plus sa constitution a une valeur propre. Une expression exacte de ce fait, c'est la part matérielle de l'individu dans la propagation. Les organismes simples déposent une partie relativement très-grande de leur substance pour constituer le nouvel organisme, lequel, dès sa naissance, apparaît assez développé. Dans les organismes supérieurs et plus complexes, la génération ne requiert au contraire qu'une partie infiniment petite, et procède d'un germe qui n'a aucun développement. Plus le mouvement vital a de durée et atteint un degré élevé, et plus est court relativement l'instant qui engendre un mouvement nouveau, plus ce mouvement est indépendant de l'influence du mouvement qui le produit.

Comparez à cet égard les végétaux inférieurs aux végétaux les plus parfaits. La plus simple des plantes, le *Chroococcus*, est une petite cellule sphérique qui se divise en deux moitiés, chaque moitié ou chacune des deux plantes sœurs est, pour ainsi dire, parfaitement développée, possède la même structure et la même fonction que la plante mère, et n'a qu'à grossir pour lui être identiquement semblable. Dans d'autres végétaux microscopiques et unicellulaires, tels que le *Cosmarium*, la cellule se compose de deux moitiés ou lobes séparés par un sillon profond. Quand elle s'accroît, il se forme également de la plante mère deux plantes sœurs. Les deux lobes se séparent; chacun d'eux en présente un rudimentaire qui se développe peu à peu. La fille emporte donc toute une moitié intégrale de la mère et le rudiment d'une seconde moitié. Dans le premier exemple, la fille hérite totalement des propriétés de la mère; son action se réduit à un simple grossissement qui aboutit à un volume à peu près double. Dans le second, la plante se crée une nouvelle moitié; mais le développement s'accomplit sous la surveillance, pour ainsi dire, de la moitié maternelle; la nature a voulu pour cela que le produit ne pose son individualité que par un déploiement insensible.

Voyez maintenant ce qui se passe dans la propagation d'un végétal supérieur. Un tilleul, par exemple, se compose en tout de 2000 billions de cellules, dont 20 billions peut-être sont capables de vivre. Si l'arbre a des feuilles, on peut y ajouter 10 billions de cellules vivantes. Le germe de la nouvelle plante est une de ces cellules, une seule; c'est un globule invisible, un nombre infini de fois plus petit que la plante toute formée et qui ne lui ressemble en rien. Cette cellule renferme en puissance toutes les propriétés du tilleul, mais il faut que ces propriétés, pour se développer, traversent une longue série de degrés. Une large carrière est donnée au libre développement de l'individu. Pendant un temps, ce développement s'accomplit sous l'influence de la mère, qui nourrit ce germe jusqu'à ce qu'il soit devenu semence. Mais cette nfluence s'exerce médiatement, à l'aide d'éléments solubles et en quelque sorte indifférents.

Les végétaux supérieurs peuvent se propager encore d'autres manières, naturellement, par oignons, tubercules, rejetons; artificiellement, par boutures, marcottes ou greffes. Si l'on compare les deux modes de propagation des mêmes plantes, on observe clairement l'influence diverse de l'individu sur le développement de ses descendants, selon la manière dont il participe à la formation du germe. Les plantes nées d'une semence présentent une grande variété. On trouve parmi elles de grands et de petits exemplaires, des exemplaires garnis de branches, d'autres qui en sont dépourvus, avec ou sans feuilles, avec des feuilles, complets, divisés, chevelus ou chauves, avec des fleurs blanches ou bariolées, simples ou doubles. Mais coupez une branche, mettez-la en terre et qu'elle prenne racine, vous aurez une plante en tout semblable à la plante mère, et qui en présentera les caractères individuels.

La différence de ces deux modes de propagation est donc importante pour l'agronome et l'horticulteur. C'est d'elle que proviennent ces innombrables espèces de fruits, ces variétés de dahlias, de pensées, de tulipes. On connaît plus de quinze cents sortes de poires. Si l'on veut de nouvelles sortes, on prend de la semence d'une espèce plus ou moins avantageuse, on la sème, on laisse venir les arbres jusqu'à ce qu'ils donnent des fruits; sur plusieurs centaines, tous différents, pas un qui porte des fruits identiques avec ceux des autres. Le célèbre horticulteur van Mons a obtenu, de dix pepins d'une seule poire, dix sortes différentes. Mais les fruits de la plupart des arbres nés par semence sont petits et âpres, même quand ils viennent des meilleures sortes. Il y en a peut-être un sur cent qui donne un bon fruit, et un fruit qui n'existait pas auparavant. C'est cet arbuste qu'on garde, qu'on multiplie par le second mode de propagation, et par lequel on obtient autant d'arbres qu'on veut, portant le même fruit et formant une nouvelle sorte qui se conserve par la greffe. C'est d'une manière analogue que le jardinier obtient et conserve de nouvelles variétés de fleurs.

On peut fixer, par le second mode de propagation, non-seulement les propriétés d'un individu, mais celles d'une seule de ses parties. Il arrive parfois que dans une plante, une seule branche se comporte d'une manière anormale ou est malade. Si la singularité qu'elle présente mérite d'être conservée, on coupe la branche et on la multiplie par boutures ou par marcottes. En 1824, un propriétaire des environs de Genève, M. Saladin de Budé, ayant remarqué dans un marronnier rouge une branche à fleurs doubles, la greffa sur d'autres pieds la même année; depuis, le marronnier rouge à fleurs doubles s'est propagé dans toute l'Europe, et à l'heure qu'il est cette branche donne encore des fleurs doubles, tandis que toutes les autres du même arbre donnent des fleurs simples.

La différence entre les deux modes de propagation d'une même plante a la même cause que la différence de la reproduction dans les végétaux inférieurs et supérieurs. Dans la reproduction par semence, le mouvement vital a tout son cours, et arrivé au terme ne dépense qu'une quantité de substance, formant une fraction très-petite de la somme totale

Digitized by Google

de substance préexistante. Dans l'accroissement par bouture, le mouvement vital n'a qu'une partie restreinte de son cours, et de plus, il résulte de la communication d'une portion considérable de matière. Nous pouvons comparer la plante supérieure à un édifice où un grand escalier conduit au premier étage; à partir de là, les escaliers se multiplient d'étage en étage. Ceux qui conduisent d'un étage à l'autre ne sont pas tous les mêmes, les uns sont plus larges, destinés à un usage plus général, les autres plus retirés, plus étroits, destinés à des fonctions spéciales. Le mouvement vital s'accomplit à travers tout. Dans la reproduction par semence, c'est le degré supérieur de l'escalier le plus élevé et le plus secret; dans la reproduction par bouture, c'est un degré quelconque de l'escalier principal qui commence la série des escaliers d'un nouvel édifice. Il est clair que les chances d'écart, par conséquent de formation particulière et individuelle, sont bien plus grandes dans le premier cas que dans le second.

Notons encore un autre fait important. Dans la reproduction par semence des plantes supérieures, deux cellules coopèrent, l'une provenant des anthères, l'autre des pistils. Les organes qui produisent les deux cellules appartiennent d'ordinaire à la même fleur; cependant le mélange du contenu de deux organes distincts modifie l'action prédominante de l'un ou de l'autre. Il en résulte une cellule élémentaire empreinte d'un caractère bien moins spécial que si un seul individu, une seule cellule était sa base matérielle et le principe de son mouvement. Dans le règne végétal, partout où la reproduction se fait par la rencontre de deux éléments distincts, il naît donc des germes différents qui recèlent en puissance un développement bien plus indépendant de la plante mère.

Les individus qui naissent les uns des autres sont, jusqu'à un certain point, identiques. Ils appartiennent à la même espèce. D'après une certaine opinion, les espèces seraient éternelles et immuables, et l'on invoque pour la soutenir l'exemple de certains végétaux qui, depuis deux ou trois mille ans, n'ont subi aucun changement. On reconnaît dans les descriptions des Grecs et des Romains certaines plantes encore existantes et dont les noms se sont conservés dans le grec moderne et l'italien. D'antiques ouvrages et des restes de végétaux déposés dans les catacombes d'Égypte, établissent positivement, pour une centaine d'espèces, que la flore égyptienne n'a pas varié dans un laps de trois mille ans.

Que conclure d'un pareil intervalle? Nous avons vu qu'un âge de six mille ans ne prouve rien pour la durée indéfinie de l'individu, trois mille ans prouvent bien moins encore pour celle de l'espèce. En fait, l'herbier fossile, renfermé entre les couches de l'écorce terrestre, rangé par ordre chronologique, nous ouvre d'autres vues sur l'histoire du monde végétal. La végétation a changé d'époque en époque. Les espèces ont duré un certain temps, puis ont fait place à d'autres espèces. Comment s'est opéré ce changement? C'est un point qui reste livré à nos conjectures. Selon une manière de voir, les espèces antérieures auraient dépéri, et à leur place auraient apparu des espèces toutes nouvelles, ou sorties de germes, ou créées de toutes pièces. Le chêne avec ses feuilles et ses branches, l'éléphant avec sa trompe et ses défenses, auraient été placés tout faits dans le monde. Une autre doctrine fait sortir l'espèce nouvelle de l'espèce antécédente. Celle-ci a pour elle des raisons théoriques aussi bien que l'expérience. Depuis les temps historiques, l'espèce ne varie pas, mais les individus changent; il se forme incessamment des types persistants que nous appelons des races. Cette durée repose sur l'hérédité. Les individus transmettent à leurs descendants une disposition à leur ressembler; mais les descendants ne sont pas identiques avec les parents. L'hérédité implique aussi nécessairement une disposition au changement. Si toutes les circonstance s'y prêtent, ce principe de changement va donc se développant à travers une série de générations, comme un capital qui se grossit d'année en année des intérêts, chaque génération héritant de celle qui la précède non-seulement la faculté de réaliser le capital, mais celle aussi d'y ajouter les intérêts.

En fait, c'est la seule explication à donner de l'ennoblissement graduel des plantes cultivées et des animaux domestiques. On prend la semence du pied qui porte les plus belles fleurs ou donne les meilleurs fruits; on les sème dans l'assurance, rarement déçue, que quelques-uns au moins des rejetons présenteront les qualités héréditaires de la mère. Dans la culture artificielle, on ne prend que les individus dans lesquels le changement a commencé ou s'est perpétué dans une direction donnée; ainsi est né du chou sauvage le chou rave, où la racine domine; le chou frisé, où c'est la feuille, le chou pommé, où c'est le bouton terminal, le chou de Bruxelles, où abondent les boutons latéraux, le chou-fleur, dans lequel la fleur est forte et charnue.

Les races ont une certaine constance qui se rapproche souvent de celle des espèces. L'histoire même de l'humanité serait incompréhensible sans le fait d'une modification continue par voie d'hérédité. Que la question de l'origine reçoive telle ou telle solution; que le nègre, l'Indou, le Circassien aient été distincts l'un de l'autre dès l'origine, ou se soient formés successivement, il est un point irrécusable, c'est que les souches et les nations se sont formées historiquement, c'est que les dispositions physiques et intellectuelles, la physionomie et la langue, l'aptitude au commerce, à l'industrie, aux arts, aux sciences abstraites, se sont développés par degrés de germes similaires et indifférents. Les circonstances extérieures de climat, d'alimentation, ne sont pas les seules causes des diversités corporelles actuellement existantes, la tradition n'est pas la seule cause du développement intellectuel. Il faut y joindre un agent essentiel, le changement successif qui s'accomplit dans la génération, l'individu qui en est le sujet ayant en lui une disposition nécessaire à un développement déterminé. Voilà pourquoi le type juif est resté invariable dans les conditions les plus diverses. Ces différences se produisent jusque dans l'unité d'un même peuple. Les enfants des villes ont indubitablement d'autres dispositions physiques que ceux de la campagne; les enfants du XIXe siècle ont d'autres aptitudes mentales que ceux du XIIe; la culture influe sur le raffinement du cerveau et du système nerveux; elle le rend plus faible et plus irritable; Gutenberg court risque de devenir l'auteur d'une myopie héréditaire.

Toute espèce du monde organique a donc nécessairement une histoire au point de vue du naturaliste. Mais cette histoire est d'autant plus simple que l'organisation des individus est plus faible et leur individualité moins développée. Les modifications historiques de l'espèce ont lieu dans certaines limites, en sorte qu'au bout de trois mille ans, nous n'observons aucune déviation du caractère spécifique. Mais pour peu que la modification continue, comme on le constate historiquement dans la formation des races, elle doit finalement avoir pour résultat l'existence d'une autre espèce.

Il faut donc admettre comme possible le passage d'une race

Digitized by Google

dans une autre, des circonstances favorables étant données. Diverses raisons donnent au fait beaucoup de vraisemblance. Toute l'histoire de l'écorce terrestre est le résultat de lois naturelles dont l'action est nécessaire. Nous inclinons donc à ramener les changements de la nature organique au cours des phénomènes naturels. Or, il est plus naturel que le végétal soit né du végétal, l'animal de l'animal, qu'il ne l'est d'en ramener l'origine aux substances inorganiques. La difficulté n'est sans doute que reculée par là, car l'organisation a nécessairement un commencement, mais elle est amoindrie cependant : la plus grande vraisemblance est que des combinaisons inorganiques ont donné naissance à des substances organisées, celles-ci à des plantes unicellulaires extrêmement simples, et les dernières enfin, par une série d'intermédiaires, aux plantes supérieures.

La végétation de la terre a été originairement tout autre qu'elle n'est aujourd'hui. Elle s'est rapprochée par degrés de la végétation actuelle, et les plantes de la dernière période géologique sont souvent si semblables à celles qui vivent à présent, qu'on ne sait si elles constituent d'autres espèces ou seulement d'autres variétés d'une même espèce. Au commencement, à la naissance de la vie organique, apparaissent des végétaux nains, d'une structure élémentaire; à chaque période se montrent des végétaux d'une organisation plus haute. A chaque création, le monde végétal monte d'un degré. Maintenant il n'y a plus que les champignons microscopiques qui naissent chaque jour à nouveau, tandis que tous les autres se reproduisent par semence.

Dans le règne végétal et le règne animal, nous pouvons, des organismes les plus infimes jusqu'aux plus élevés, distinguer des séries d'espèces analogues qui se succèdent comme les degrés d'un escalier; chaque organisme inférieur ajoute un degré aux degrés précédents. On dirait qu'une force organisatrice, procédant à pas mesurés, gouverne ces transformations graduelles, se reposant à chaque degré et s'apprêtant à un pas nouveau pendant un temps plus ou moins long. Nous devons nous représenter en plus d'un cas la transformation des espèces végétales sous la forme d'un perfectionnement, d'une organisation plus complète. Une espèce qui se change en une autre ne s'y retrouve pas seulement avec tous ses attributs, mais y ajoute un caractère nouveau. L'espèce antérieure apparaît donc dans la suivante comme l'avant-dernier terme d'un développement, qui s'achève et se complète en celle-ci. On rencontre une confirmation expérimentale de cette idée dans ce fait que plusieurs animaux d'une autre période géologique ressemblent aux petits d'animaux actuellement existants, quoique d'ailleurs ils fussent beaucoup plus grands. En veut-on une confirmation théorique? Je dirai que les organismes les plus élevés parcourent, dans leur développement individuel, les mêmes degrés que le règne tout entier; que pour le règne végétal, il est possible de formuler les lois simples et générales qui président à l'engendrement de ces divers degrés.

Nous voilà donc amenés, par des raisons presque irrésistibles, à admettre, non pas que toute espèce a été produite sans liaison causale avec le reste de la nature organique, et qu'elle disparaît sans laisser trace d'elle-même, sans avoir servi à rien, mais au contraire que les organismes, qui offrent déjà des affinités anatomiques et physiologiques, se tiennent encore par un rapport de génération.

On peut concevoir le passage d'une espèce en une autre, soit comme un phénomène successif, soit comme s'accomplissant par sauts. Toute la nature nous présente ces deux formes de passage, selon que les éléments distinctifs sont ou ne sont pas exprimés par des rapports numériques. Ainsi, l'oxyde de carbone ne devient pas acide carbonique, l'oxydule de fer ne devient pas oxyde de fer graduellement, parce que les poids atomiques sont numériquement différents. Au contraire, l'eau pure se sature graduellement d'un sel, parce que la quantité de sel dissous s'accroît peu à peu. Il y a des espèces végétales où certains individus produisent des corolles à quatre pétales, d'autres à cinq; il est clair qu'ici il n'y a point d'intermédiaire. Il est encore d'autres caractères que nous ne saurions ramener à un nombre, et où cependant il est difficile ou impossible de concevoir d'intermédiaire. Il y a des espèces ou certains pieds portent des fleurs de couleurs très-vives, les autres des fleurs blanches; mais il n'arrive jamais, ou très-rarement, qu'on voie des individus avec des pétales pâles ou panachés.

Tel a donc été le développement vraisemblable du règne végétal; dans certains cas, chaque génération a marqué un progrès insensible de développement et un degré vers une autre espèce; dans d'autres cas, au contraire, les générations sont longtemps restées invariables en apparence; mais elles n'en subissaient pas moins une altération interne qui, arrivée à un certain point, devait produire nécessairement une transformation. On trouve des analogies pour ces deux cas dans le développement de l'espèce, de la plante et de l'organe.

Il est des espèces de plantes aquatiques, unicellulaires, qui restent identiques pendant des centaines de générations. Puis il se produit tout à coup une génération qui se distingue de toutes les précédentes, en ce que les individus en sont pourvus de deux cils vibratils et se meuvent dans l'eau comme des infusoires. Tels sont, entre autres, l'*Apiocystis*, le *Mischococcus*.

Dans d'autres plantes aquatiques, également unicellulaires, les individus se rapetissent de génération en génération, jusqu'à ce qu'ils deviennent d'indivisibles nains qui ne peuvent plus pulluler. Mais ces nains commencent à grandir, ils deviennent des géants, c'est alors seulement qu'ils sont capables de se propager et produisent des géants qui recommencent à diminuer de génération en génération. Je citerai le *Characium*, le *Cystococcus*.

On observe dans ces deux exemples un changement périodique qui revient en apparence au point de départ. Dans le développement du pied de la plante, une série de cellules ou d'organes prépare le passage à des cellules ou organes d'un ordre supérieur, qui se répètent, à travers un certain nombre de générations, pour s'approcher alors d'un ordre supérieur encore. Arrivé à ce point, qui est le terme de toute la période, le mouvement retombe au degré le plus simple. Dans la formation des races, au contraire, le changement se produit successivement ou tout à coup, et la forme nouvellement produite peut se perpétuer à travers un nombre presque infini de générations.

Ainsi, l'espèce elle-même est un individu qui se développe par un changement continu, qui atteint, à travers ces modifications, une certaine limite, et à ce terme produit d'autres espèces. Elle est un individu qui se compose, comme l'arbre, d'innombrables générations d'individus partiels, qui disparaissent et reviennent.

La conclusion des faits que nous avons signalés, c'est que tout dans la nature est individuel, depuis les atomes infini-

Digitized by Google

ment petits jusqu'aux corps célestes et aux systèmes de corps célestes, depuis l'atome infiniment simple jusqu'aux organismes infiniment composés et aux séries entières d'organismes que nous embrassons sous les noms d'espèces, de classes, de règnes. Le composé n'est tel que parce qu'il se compose de parties individuelles; tant qu'il est actif et vivant, ses parties sont dans un changement et une circulation incessante. L'individu se renouvelle constamment; à chaque instant, il est autre qu'il n'était auparavant. A chaque moment il périt partiellement et meurt enfin comme totalité. Si l'individu spirituel dit de lui avec orgueil : « Je suis, car je pense », l'individu matériel peut répondre modestement: « Je suis, car je meurs ». Mais il ne disparaît pas sans laisser des germes capables de produire un mouvement égal ou supérieur. Le phénix renaît de sa cendre; la perte devient un gain, le changement un progrès.

Sur les ruines des êtres anéantis règnent triomphantes les idées éternelles dont le naturaliste cherche à fixer le reflet dans ses lois; elles sont le fondement de la seule réalité, car les phénomènes matériels sont les points sans solidité et sans substance, par lesquels s'accomplit un mouvement qui tend sans relâche à un but supérieur. La forme matérielle a beau disparaître, l'idée demeure.

Et quand tout se meut dans un cercle éternel,
Dans ce changement un esprit subsiste, immobile.

Traduit sur le texte allemand de NŒGELI,
par P. CHALLEMEL-LACOUR.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ANTHROPOLOGIE (1).

### COURS DE M. DE QUATREFAGES

(de l'Institut).

### XVII.

#### Conditions générales de l'acclimatation.

Nous avons vu, dans notre dernière leçon, que les difficultés de l'acclimatation dépendent de deux ordres de conditions toujours en présence dans ces questions, le milieu et la race; nous avons vu que d'une part, le milieu restant le même, les races peuvent éprouver plus ou moins de difficultés à s'acclimater; que d'autre part, pour une même race, les difficultés sont très-variables, bien que les conditions générales du milieu semblent identiques. On conçoit que le problème de l'acclimatation varie avec chaque race et chaque milieu. Il ne nous était pas permis d'aborder ces questions multiples, c'est pourquoi nous avons dû nous borner à étudier spécialement une colonisation d'un haut intérêt pour nous, Français, la colonisation de l'Algérie.

Dès l'abord, nous nous sommes trouvés en face de personnes d'une grande autorité, déclarant impossible l'acclimatation des Européens en Algérie. M. Boudin s'appuyant sur des résultats statistiques, confirmait cette opinion négative. Mais, dans les chiffres même qu'il mettait en avant, nous avons trouvé que, loin de décroître, la fécondité s'augmentait en Algérie; que la mortalité des enfants est effrayante, il est vrai, mais que ces sacrifices d'individus nécessités par l'acclimatation n'approchent pas de ceux observés chez les animaux et les végétaux.

Nous avons alors cherché sous quelles conditions pourraient diminuer ces sacrifices, et les travaux de MM. Martin et Foley nous ont permis de signaler quelques moyens qui rendraient plus facile la colonisation algérienne; il faudrait choisir les émigrants parmi les Français du Midi, leur faciliter, pendant quelque temps au moins, le séjour dans les villes, les rapprocher autant que possible du littoral; enfin, il est certaines localités qu'il faudrait s'attacher à bien connaître, car, sous des conditions spéciales, la mortalité y est moins considérable. M. Boudin, avons-nous fait observer, n'a pas conclu à l'impossibilité de la colonisation. Quant à nous, devant les faits déjà observés, nous n'hésitons pas à annoncer l'heureux résultat de l'expérience dont nous voyons à peine le point de départ.

L'intérêt qui s'attache pour nous à tout ce qui touche l'Algérie, l'intérêt pratique de la question pour nos populations, nous ont engagé à entrer dans tous les détails précédents. Mais nous ne pouvons étudier de la même manière le globe tout entier, chaque race et chaque localité amenant un problème distinct. Nous aurions pu alors nous contenter des généralités vagues, mais ces sortes de considérations sont d'ordinaire fort peu utiles. Nous nous bornerons donc à appeler l'attention sur quelques points généraux de la question, basés toujours sur des faits certains.

L'acclimatation a récemment soulevé au sein de la Société d'anthropologie des discussions fort importantes auxquelles le professeur regrette de n'avoir pu assister; cependant, d'après les renseignements qu'il a recueillis, tout semble témoigner en faveur des conclusions posées l'autre jour et des faits généraux que nous allons examiner aujourd'hui.

Toute question d'acclimatation, avons-nous dit, se présente toujours avec deux termes : le milieu et la race. Quand nous étudierons les variétés humaines, nous nous occuperons de la race; étudions le milieu aujourd'hui.

Une particularité de ce milieu sert à le caractériser pour le vulgaire, la chaleur. On dit : c'est un climat chaud, froid, tempéré, et cette désignation domine tous les autres caractères. Grande est en effet l'action de la chaleur qui agit sur l'homme, non-seulement par son action directe, mais surtout en modifiant considérablement ce qui l'entoure. Cependant elle ne résume pas les conditions de l'acclimatation.

Un premier fait sur lequel M. Boudin a appelé l'attention, c'est que des contrées également distantes de l'équateur, à peu près aussi chaudes, présentent des conditions d'acclimatation très-différentes. Ces conditions sont presque toujours meilleures dans l'hémisphère sud. Prenons quelques exemples.

Dans l'hémisphère nord, du 30e au 35e degré, nous trouvons d'une part l'Algérie jusqu'au désert; de l'autre, les États-Unis du Sud, sauf une partie de la Floride. Dans l'hémisphère sud, du 30e au 35e degré également, nous trouvons la partie méridionale du Cap et la Nouvelle-Galles, la partie la plus peuplée de l'Australie. Enfin, à peu près à la même distance de l'équateur, nous trouvons au nord l'île de Fernando-Po, au sud l'île de Nouka-Hiva. Or, il suffit de citer ces noms, pour que chacun se rappelle les différences énormes que présentent ces contrées au point de vue de la salubrité, et puisse juger du même coup de la difficulté qu'il y aura dans certains

(1) Voy. les nos 33, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47 et 48.

Digitized by Google

cas pour l'Européen de s'y acclimater. Les régions placées même à égale distance de l'équateur peuvent différer beaucoup entre elles.

Ces faits étaient connus depuis longtemps, mais M. Boudin, le premier, les a groupés et en a tiré une conclusion générale, peut-être exagérée à certains égards, mais vraie.

D'après un premier tableau emprunté à son livre et à un mémoire spécial sur le non-cosmopolitisme des races humaines, dans l'armée anglaise, le nombre des décès sur 1000 serait aux colonies de 151,9, dans l'hémisphère nord ; de 9, 6 dans l'hémisphère sud. Les statistiques portant sur l'armée française donnent des résultats semblables. La mortalité moyenne étant en France de 19,5, elle atteindrait aux colonies de l'hémisphère nord 46,8, et serait seulement de 9,93 dans l'hémisphère sud en Océanie.

Des résultats aussi constants supposent une cause générale : peut-on la déterminer?

Ici M. Boudin apporte un fait très-nouveau, très-curieux, résultant de ses relevés statistiques et qui a certainement, comme il le pense, d'étroites relations avec le précédent. D'après M. Boudin, les fièvres paludéennes s'étendraient dans l'hémisphère nord jusqu'à la ligne isotherme de 5 degrés centigrades, répondant pour l'Europe occidentale à 59 degrés de latitude. — Dans l'hémisphère sud, ces fièvres seraient bien autrement restreintes; elles ne dépasseraient pas le tropique du Capricorne, soit 23° 28′, et serait souvent en deçà : c'est ainsi que Tahiti, placé à 18 degrés de latitude sud, n'a pas de fièvre; la Nouvelle-Calédonie placée plus au sud, mais encore en deçà des tropiques, n'a pas de fièvre non plus.

Dans ces zones déjà fort inégales, le chiffre annuel des fièvres varie encore dans chaque hémisphère. Pour 1000 habitants, la moyenne est 224,5 pour l'hémisphère nord; 1,6 pour l'hémisphère sud.

Peut-être y a-t-il quelque légère exagération dans ces résultats, mais ils sont frappants. Il y a d'ailleurs des immunités locales dans l'hémisphère nord, comme il y a des localités atteintes endémiquement dans l'hémisphère sud, et parmi ces dernières M. Boudin signale Java, Mayotte, Madagascar.

Les chiffres recueillis par M. Boudin pour quelques localités sont confirmées pour l'Amérique méridionale par divers observateurs. D'après M. d'Orbigny « les fièvres intermittentes ne sont connues à Corientes que depuis peu d'années; encore se montrent-elles peu fréquentes dans ce pays couvert d'eaux stagnantes qui s'évaporent l'été et laissent des marais immenses contenant de l'eau croupie et fétide. » Corientes est située de 27 à 28 degrés de latitude sud, et correspond dans l'hémisphère nord à la Floride, et au nord du golfe du Mexique.

M. Maurin dit de son côté : « Une chose remarquable, c'est la salubrité des îles de l'Uruguay qui offrent partout des lagunes et des mares d'eau produites par les débordements; les fièvres intenses et lentes s'y observent rarement et guérissent facilement. » De telles contrées dans le nord seraient dangereuses au plus haut point.

M. Martin de Moussy a confirmé le fait général et reconnu la rareté des fièvres à Montévideo. Or, Montévideo a pour moyenne de la température totale 19°,3, pour température moyenne d'été 25°,2. Rome, dans l'autre hémisphère, a pour température moyenne totale 16 degrés, pour température moyenne de l'été 23 degrés et l'on sait ce que sont les marais romains.

En tenant compte de ces faits, en comparant les mortalités relatives avec la fréquence des fièvres, il est difficile de ne pas rattacher principalement les difficultés de l'acclimatation à l'influence des émanations paludéennes. M. Boudin a admis cette conclusion. Elle est la nôtre aussi; nous l'acceptons peut être avec moins de résolution, mais elle est justifiée.

Nous voyons des races humaines prospérer — moins pourtant qu'on ne l'a dit, — dans de telles contrées si funestes au blanc. Quelles précautions doit donc prendre l'émigrant pour en amoindrir l'effet? Nous ne pouvons faire ici de l'hygiène et de la médecine pratique, renvoyant pour cela à l'excellent traité de M. Lévy; mais nous pouvons indiquer les grands moyens de l'acclimatation et quelques données générales.

La première de toutes les règles à observer, serait d'avancer progressivement, d'éviter ces contrastes trop tranchés qui mettent brusquement l'homme dans un milieu nouveau. Ce que nous avons vu dans notre dernière leçon de la mortalité plus grande des Européens du Nord en Algérie le démontre assez. Les différentes provinces de France forment un tout politique, mais les races n'en sont pas moins différentes. Elles se sont habituées à des conditions propres qu'on ne leur enlève pas brusquement, et à ce point de vue elles sont tout à fait comparables aux différentes populations européennes. M. Boudin, MM. Chartin et Foley, assez souvent en désaccord sur d'autres questions, ont conclu ici exactement dans le même sens. L'expérience justifie donc ici l'influence du milieu sur la race.

C'est en procédant par stations progressives, que l'humanité s'est répandue par toute la terre, et est passée d'un extrême à l'autre. En parlant ainsi, nous pouvons encore nous appuyer sur l'histoire. La race juive, en effet, qui appartient au rameau sémitique blanc, est partie de la Palestine, son berceau; aujourd'hui nous la trouvons partout, en voie remarquable de progrès comme race, et les tableaux de M. Boudin démontrent qu'en Prusse et en Algérie elle multiplie plus que les chrétiens et les musulmans. Elle croît même où décroît la population algérienne; elle s'est acclimatée dans le monde entier. Il en est de même de la race *Rommany*, qui comprend les Bohémiens et les Gypsies. En 1417 ils arrivèrent en Hongrie au nombre de 8000, et aujourd'hui on les rencontre partout comme les Juifs. Nous reviendrons plus tard sur ces deux races qui témoignent en faveur du cosmopolitisme humain.

La race ariane, qui comprend les populations blanches du sang le plus pur, nous fournit la même observation. Les Indous et les Iraniens se rappellent leur point de départ qui est désigné sous les noms de Aria-Varta et de Aïryanem-Vaïgo (la terre des hommes justes). Or, cette terre avait un été de deux mois et un hiver de dix mois très-rigoureux. Que ce climat fût dû à l'altitude ou à la latitude, c'est celui de la Finlande où l'orge pamelle n'a que deux mois pour pousser et mûrir, Or, partis de ce point où l'hiver de dix mois était rigoureux, l'un et l'autre rameau ont atteint les régions chaudes : l'Indou occupe une des régions les plus chaudes et les plus insalubres pour son frère d'Europe. Comment y est-il arrivé? Les chants sacrés nous l'apprennent, la progression a été lente, il a mis des siècles à descendre dans ces contrées chaudes où nous le trouvons.

L'Européen ne procède pas ainsi : il part directement et tombe brusquement au sein de son nouveau milieu.

La rapidité des communications à laquelle nous sommes

Digitized by Google

arrivés dans les temps modernes, apporte de nouveaux périls à l'émigration, et, d'après M. Lévy, joue un rôle considérable dans les difficultés de l'acclimatement.

Une seconde règle qui doit guider l'émigration, c'est le choix de la station. En général l'Européen semble multiplier à plaisir les chances d'insuccès. Il ne s'inquiète pas de l'habitation qu'on doit choisir, et s'installe d'ordinaire sur le littoral, dans des baies, à l'embouchure de quelque fleuve. Si en ces points les communications commerciales sont plus faciles, les causes d'insalubrité sont aussi d'ordinaire plus considérables. Une colonisation sérieuse devra procéder autrement, choisir en général les lieux élevés. Les centres de population devraient se former dans des régions ou des localités froides. Ce qui nuit à l'Européen dans ces climats nouveaux, c'est l'égalité de température; ces régions-là les offriraient; quelques centaines de mètres à monter et à descendre n'arrêteraient pas les travailleurs et assureraient leurs santés.

Une troisième règle que nous proposerons, c'est le régime approprié, participant au début de celui que l'on quitte et de celui que l'on prendra exclusivement plus tard. M. Lévy insiste beaucoup à cet égard; ici comme toujours, il faut éviter les changements brusques, habituer lentement l'organisation au nouveau genre de vie qu'il va subir.

Un autre moyen de diminuer les sacrifices à faire au milieu, c'est le croisement avec la race locale. Ce moyen peut, au premier abord, paraître en dehors des considérations qui nous occupent en ce moment; il semble que la formation d'une race ainsi mixte n'est plus de l'acclimatation. Notre assertion se justifie cependant très-facilement.

L'acclimatation exige, avons-nous dit, la formation d'une race dérivée, produite par l'établissement de l'harmonie entre la race transportée et le milieu. Cette nouvelle race doit donc à certains égards se rapprocher de la race indigène qui depuis longtemps subit l'influence de ce milieu. Que les conditions ordinaires d'existence agissent seules et lentement dans ce but, ou que le croisement amène plus rapidement ces changements organiques, le résultat sera toujours le même, et l'on aura gagné du temps en choisissant le moyen proposé.

Mais il y a des conditions, des limites et des restrictions à faire à cette règle.

Il est évident que si la race indigène est trop inférieure, il faut hésiter à employer un pareil moyen, il pourrait en résulter un abaissement dans les caractères physiques et intellectuels de la race. Mais si elle ne le cède à la race transportée que pour un moindre degré de civilisation raffinée, il n'y a aucun inconvénient à ces mariages et leurs résultats seront souvent fort heureux. Nous en allons voir deux exemples, l'un se rapportant à une famille, l'autre à toute une colonie.

M. Angrand a connu au Pérou une famille espagnole qui s'est alliée une seule fois avec la race locale, par le mariage de l'un de ses membres et d'une princesse inca. Depuis, il n'y a plus eu de croisement, et cette famille, parfaitement acclimatée, prospère et se distingue entre toutes les autres par une santé exceptionnelle et une plus grande beauté des formes.

La race inca était une race élevée, aussi l'intelligence n'a pas souffert du mélange et les caractères physiques y ont gagné.

La population des Paulistas, au Brésil, est le résultat du croisement de familles portugaises avec les Guaynases. Cette alliance se fit par l'influence et les conseils du père Joseph de Anchiéta, véritable apôtre de ces contrées, qui, en 1553, y fonda un collége, puis un an après une bourgade, qui grandit et devint une ville puissante et formidable. De la fusion de ces deux populations, qui n'avaient aucun caractère de supériorité, est sortie la race mixte des Paulistas, qui a joué dans l'histoire du Brésil un rôle prépondérant. A-t-elle dégénéré? Loin de là, sa supériorité est devenue proverbiale. On dit au Brésil: Fier et hardi comme un Paulista, belle comme une Paulista. Au milieu du mélange des deux populations, quelques familles portugaises ont gardé leur pureté de race et ne se sont pas croisées, et voici comment Ferdinand Denis s'exprime à leur sujet: « On peut dire que ce ne sont point celles qui se distinguent par la beauté du sang; on peut ajouter aussi que l'union avec les races indigènes a eu les plus heureux résultats quant à la beauté des traits et à la vivacité de l'expression. » On peut dire la même chose de l'énergie et de la force morale. Les Paulistas ne le cèdent en rien aux Sqatters, aux coureurs des bois du Canada.

Ces faits justifient l'opinion émise plus haut. Le problème de la colonisation se réduit à peupler une contrée avec une race dérivée, avec le moins de sacrifices possibles, et d'obtenir le meilleur résultat possible. Or, la lutte pour l'existence prolongée entraîne des pertes considérables et doit finir par affaiblir la race introduite. Un peu de sang local lui donnera des forces pour cette lutte tout en la rapprochant plus vite de l'équilibre qui constitue l'acclimatation.

C'est en partant de cette donnée que M. Bertillon a expliqué l'acclimatation plus facile de l'Espagnol en Algérie; il voit en effet dans l'Espagnol actuel le produit de l'ancien Castillan et du Maure, ce qui le rapprocherait du milieu africain.

Mais qu'on procède par immigration ou par métissage, que la race lutte seule ou qu'elle appelle à son secours le sang local, une condition fondamentale pour abréger la lutte, rapprocher et assurer le succès, c'est la moralité. Sans vouloir faire de sermons, nous insistons sur la conduite morale des colons, que nous envisageons à simple titre d'éléments d'hygiène d'acclimatation. Or, son influence est immense et l'on ne peut la nier. N'oublions pas que la loi de l'hérédité est de transmettre l'être tout entier et qu'elle se réalise, sinon dans les individus, du moins dans l'ensemble des descendants. L'organisme reçoit l'influence directe du moral. Si un organisme affaibli déjà par la lutte pour l'existence se dépouille encore par des désordres de toute nature, il transmettra à sa descendance les marques de sa mauvaise vie. Or, les colonies, surtout les colonies à esclaves, nous ont offert en général le triste tableau de ces désordres. A la Jamaïque, par exemple, nous voyons la coutume d'offrir à son hôte une jeune esclave pour passer la nuit, et cela devant la maîtresse de la maison. Est-il étonnant que les enfants nés au milieu de ces désordres traduisent par une décrépitude physique la dégradation morale de ceux qui leur ont donné naissance?

On a dit que les métis ne se propageaient pas. Rappelons seulement les Paulistas. Certes, ce n'était pas aux conquérants du Brésil qu'il fallait demander la moralité, mais il se trouva parmi eux des familles qui réglèrent leurs unions, et c'est de celles-là que sont sortis ces hommes dont la force morale et physique est proverbiale.

Les faits de cette nature suffiraient pour montrer la nécessité de la moralité dans les colonies, mais on pourrait invoquer pour les expliquer des différences de milieu et de races. Le docteur Yvan, peu favorable du reste à l'acclimatation, même avec croisement, va nous furnir les données d'une vé-

Digitized by Google

ritable expérience, qui démontre qu'avec des habitudes différentes, la même race dans le même milieu donne des résultats tout à fait différents.

A Bourbon, la population des grands planteurs négociants ne s'entretient que par les émigrations; leurs habitudes de mollesse, leur vie opulente les rendent presque inaptes à l'acclimatation. Mais il est dans la montagne des *petits blancs* descendus de premiers colons dont les entreprises réussirent mal, et qui se trouvèrent ainsi obligés de vivre de leur travail. Leurs descendants ont gardé leurs habitudes d'activité et de moralité, et se livrent bravement aux rudes travaux pour lesquels on importe les nègres et les coolis. Ils ont ainsi formé une race remarquablement belle, qui se suffit sans immigration et jamais ne s'allie aux mulâtres. Cette observation, qui présente toutes les conditions d'une expérience physiologique, est concluante : la santé de l'âme a amené la santé du corps et a acclimaté le pauvre, tandis que l'inconduite tuait le riche. — **Halles.**

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE.

#### Acide chlorhydrique (suite).

*Purification.* — L'acide chlorhydrique du commerce contient d'ordinaire de l'acide sulfurique entraîné, de l'acide sulfureux, provenant de l'action de l'acide sulfurique concentré sur les matières organiques qui sont dans le sel et sur la fonte des vases, du sesquichlorure de fer et quelquefois des chlorures d'arsenic.

Pour le purifier, on change l'acide sulfureux en acide sulfurique, au moyen d'une petite quantité de bioxyde de manganèse, qui fournit du chlore; ce chlore décompose l'eau dont l'oxygène oxyde l'acide sulfureux :

$$SO^2 + HO + Cl = HCl + SO^3.$$

Il détruit également les matières organiques. On enlève le chlorure d'arsenic et l'acide sulfurique par le sulfure de baryum. Si tout l'acide sulfurique n'a pas disparu, on y ajoute un peu de chlorure de baryum. Le sulfate d'arsenic, le sulfate de baryte, se déposent. On décante le liquide et on le distille.

*État naturel.* — L'acide chlorhydrique se dégage des volcans en éruption. Il existe, mêlé à l'acide sulfurique, dans le rio Vinagre, qui a sa source dans les environs d'un volcan de la chaîne des Andes. Ce torrent en contient 1 à 2 millièmes.

*Usages.* — Les usages de l'acide chlorhydrique sont nombreux et importants. Le plus considérable est la fabrication des chlorures décolorants et du chlore. On s'en sert également dans les arts pour la fabrication des chlorures d'étain et du sel ammoniac, pour l'extraction de la gélatine des os et pour la dissolution des métaux, soit à l'état de pureté, soit à l'état de mélange avec l'acide azotique. Ce mélange, très-employé pour l'attaque de l'or, constitue l'eau régale, dont nous allons dire quelques mots avant d'aborder l'histoire du brome et de l'iode.

*Eau régale.* — Voici deux ballons : dans l'un je verse de l'acide chlorhydrique, dans l'autre de l'acide azotique, et dans chacun d'eux je mets une feuille d'or. Chaque liqueur reste incolore et l'or est inattaqué. Mais si je réunis les deux acides, la liqueur se colore presque aussitôt et l'or disparaît. Cette propriété remarquable était connue des anciens alchimistes, qui donnèrent à ce mélange le nom d'*eau régale*, parce qu'il dissolvait l'or qu'ils appelaient le *roi des métaux*. Le platine lui-même se dissout dans l'eau régale. Ce métal se trouve dans la liqueur à l'état de bichlorure $PtCl^2$, et l'or à l'état de sesquichlorure $Au^2Cl^3$.

Comment expliquer cette action énergique des deux acides chlorhydrique et azotique mélangés? Cela tient à ce qu'ils se décomposent mutuellement lorsqu'ils sont en présence, pour former du chlore et de l'acide hypoazotique :

$$HCl + AzO^5,HO = Cl + AzO^4 + 2HO.$$

Nous avons donc dans notre liqueur du chlore à l'état naissant, ce qui explique ses propriétés chlorurantes énergiques, et de plus de l'acide azotique contenant de l'acide hypoazotique, c'est-à-dire un oxydant beaucoup plus énergique que l'acide azotique pur.

Outre le chlore et l'acide hypoazotique, qui sont les produits ultimes de cette décomposition, il s'en forme intermédiairement deux autres, qui n'interviennent pas dans les réactions de l'eau régale. Le premier $AzO^2Cl^2$, est une vapeur rouge qui bout à — 70°, le second, $AzO^2Cl$, est une vapeur plus difficilement liquéfiable encore. Les noms d'acide *hypochloro-azotique*, donné au premier, d'acide *chloro-azoteux*, donné au second, montrent qu'on peut considérer le premier comme un dérivé de l'acide hypoazotique, par substitution du chlore à l'oxygène, et le second comme un dérivé de l'acide azoteux, par une substitution analogue.

Le rapport des deux acides employés pour faire l'eau régale varie suivant le but qu'on se propose. L'eau régale la plus ordinaire est formée de 1 partie d'acide azotique et de 3 parties d'acide chlorhydrique.

#### Brome. — Iode.

L'étude détaillée du soufre et de ses combinaisons nous a pour ainsi dire dispensé d'examiner, au point de vue chimique, le sélénium, le tellure et leurs composés, parce que ces corps sont l'image fidèle du premier. Il nous a suffi de décrire leurs propriétés physiques et les caractères de détail, car les traits généraux sont les mêmes. Ce raisonnement s'applique beaucoup mieux encore, d'une part, au chlore que nous venons d'examiner en détail, et d'une autre, au brome et à l'iode qu'il nous reste à faire connaître.

Le brome se rapproche du chlore plus que l'iode; ses propriétés sont intermédiaires entre celles de ces deux corps. Il a été découvert en 1826, par M. Balard, qui le retira des eaux mères des marais salants de la Méditerranée, où il était caché en proportions minimes parmi des quantités considérables de chlore. Comme toutes les propriétés chimiques qui auraient pu décéler son existence s'appliquent au chlore, il a fallu une très-grande sagacité et une extrême habileté pour découvrir, dans ce milieu, l'existence de petites quantités d'un corps nouveau. M. Balard l'en retira par la distillation de ces eaux mères, avec du bioxyde de manganèse et de l'acide sulfurique, et il le sépara dans le produit distillé par l'agitation avec

(1) Voy. les nos 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'*eau*), 23, 28, 31 (confér. de M. Riche, sur l'*air*), 36, 39, 41, 43, 44, 47 et 48.

Digitized by Google

de l'éther, qui dissout le brome seul. L'évaporation spontanée chassa l'éther et laissa le brome.

— L'iode a été découvert en 1811, par un salpêtrier de Paris nommé Courtois, qui en remit un échantillon à Gay-Lussac. Ce savant en fit une étude approfondie dans un mémoire qui est resté comme un modèle dans les annales de la science.

Aujourd'hui, le brome et l'iode se retirent de certaines plantes marines appelées *varechs*. On les calcine dans des fosses et l'on obtient ainsi une cendre qui porte le nom de soude de varech. — On lave cette soude avec de l'eau, et par cristallisation, on en retire les sulfates et les chlorures alcalins; — on obtient, en définitive, une dernière eau mère dans laquelle se sont concentrés le brome et l'iode. Ces eaux mères contiennent, outre le bromure et l'iodure, des chlorures, des carbonates, des sulfates, et surtout des sulfures, des sulfites et des hyposulfites. Si on les traitait par le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique, ces trois derniers composés dégageraient de l'acide sulfhydrique et de l'acide sulfureux qui gêneraient la préparation. — On se débarrasse de ceux-ci en faisant bouillir la liqueur avec un faible excès d'acide sulfurique. On laisse reposer la solution, on la décante et l'on fait passer dans la liqueur un courant de chlore; l'iode se précipite seul d'abord, mais si l'on employait un excès de chlore, le brome serait précipité à son tour. Pour arriver à ne précipiter que l'iode, on fait un essai en petit, afin de déterminer la quantité de chlore nécessaire pour chasser l'iode et l'on se guide sur cet essai. Il n'y a nullement à craindre que le chlore chasse du brome avant que l'iode soit complétement précipité, car le brome expulse lui-même l'iode des iodures, de telle sorte que si du brome était mis en liberté, il enlèverait immédiatement le métal à l'iode restant en dissolution et se redissoudrait. Le déplacement de l'iode par le brome est si rigoureux, que si le brome était à meilleur marché que le chlore, on s'en servirait dans cette préparation en place de chlore. On est d'ailleurs guidé, dans la précipitation, par la couleur de la liqueur, qui jaunit quand le brome commence à être mis en liberté.

L'iode brut ainsi obtenu est lavé et séché; mais il a besoin d'être purifié. Cette purification s'effectue aujourd'hui dans des cornues de grès qui sont placées dans une caisse de fonte remplie de sable. Sous l'influence de la chaleur, l'iode se volatilise et les vapeurs viennent se condenser dans des récipients munis d'un double fond, dans lequel l'eau entraînée s'égoutte. — Chaque cornue contient 20 kilogrammes d'iode. — Si l'on avait à retirer l'iode d'un iodure pur, on l'extrairait comme le chlore, par la réaction d'un iodure sur un mélange de bioxyde de manganèse et d'acide sulfurique.

$$MnO^2 + MI + 2(SO^3,HO) = MO,SO^3 + MnO,SO^3 + 2HO + I.$$

Le brome se retire à son tour des eaux mères d'où l'iode s'est déposé. On pourrait le mettre en liberté par un courant de chlore; mais comme un excès de chlore se combinerait au brome, on préfère distiller ces eaux avec du bioxyde de manganèse et de l'acide sulfurique, qui ne se mêle pas au brome, mais qui, plus léger que lui, le recouvre et le préserve de l'évaporation. La réaction est calquée sur celle du chlore et de l'iode :

$$MnO^2 + KBr + 2(SO^3,HO) = MnO,SO^3 + KO,SO^3 + 2HO + Br.$$

*Équivalents du brome et de l'iode.* — L'équivalent de ces corps a été déterminé par M. Dumas; sa méthode est d'une grande simplicité. Elle consiste, en effet, à faire passer un courant de chlore sec sur du bromure et de l'iodure d'argent pesés avec soin. L'action est rapide et s'opère à froid. Voici les deux formules :

$$AgBr + 2Cl = AgCl + BrCl.$$
$$AgI + 2Cl = AgCl + ICl.$$

Le chlorure de brome et le chlorure d'iode étant volatils distillent, et le chlorure d'argent reste dans le tube où l'on a fait l'expérience. En admettant pour le chlore l'équivalent 35,5, on trouve exactement 80 pour le brome et 127 pour l'iode. Comme le chlorure, le bromure et l'iodure d'argent sont isomorphes et doués de propriétés tout à fait analogues : 35,5 de chlore, 80 de brome et 127 d'iode sont parfaitement équivalents entre eux. D'ailleurs, les nombres 80 de brome et 127 d'iode, fournissent, par l'acide bromique et l'acide iodique, dont les sels sont isomorphes avec les chlorates, des formules correspondantes à celles de ces derniers. Ils donnent pour les bromures et les iodures les formules les plus simples; ces formules sont analogues à celles des chlorures qui leur sont isomorphes. Ces équivalents représentent 2 volumes de vapeur comme l'équivalent du chlore.

ED. ANTELME, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

---

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS ouvrira ses cours d'hiver le lundi 6 novembre 1865. Ils auront lieu dans l'ordre suivant :

| COURS. | PROFESSEURS. | JOURS. | HEURES. |
|---|---|---|---|
| Physique médicale. . . . | Gavarret. . . . . | Lundi, mercredi, vendredi | A midi. |
| Pathologie et Thérapeutique générales. . . . | Andral, r. p. M. Lorrain, agrégé. . . | Lundi, mercredi, vendredi | A 2 h. |
| Anatomie. . . . . | Jarjavay. . . . . | Lundi, mercredi, vendredi | A 3 h. |
| Chimie médicale . . . . | Wurtz. . . . . | Mardi, jeudi, samedi. . . . | A 11 h. |
| Pathologie chirurgicale. . | | Mardi, jeudi, samedi. . . . | A midi. |
| Pathologie médicale. . . | Monneret . . . . . | Mardi, jeudi, samedi. . . . | A 3 h. |
| Opérations . . . . . | Denonvilliers. . . . | Mardi, jeudi, samedi. . . | A 4 h. |
| Histologie. . . . . | Robin. . . . . | Mardi, à 1 h., jeudi, sam. | A 5 h. |
| Clinique médicale. . . . . | Bouillaud. . . . . | à la Charité. | Tous les jours, le matin, de 8 à 10 h. |
| | Natalis Guillot. . . | | |
| | Piorry. . . . . | à l'Hôtel-Dieu. | |
| | Grisolle. . . . . | | |
| Clinique chirurgicale. . . | Jobert (de Lamballe). | à la Charité. | |
| | Laugier . . . . . | | |
| | Velpeau . . . . . | | |
| | Nélaton . . . . . | | |
| Clinique d'accouchement | Depaul. . . . . | à l'hôp. de la Faculté. | |

COURS COMPLÉMENTAIRES.

Maladies des enfants, M. H. Roger, à l'hôpital des Enfants malades, le mercredi, à huit heures et demie.

Maladies mentales et nerveuses, M. Lasègue, à la Faculté, les jeudis, à sept heures et demie du soir; à la Salpêtrière, les dimanches, à huit heures et demie du matin.

Maladies des voies urinaires, M. Voillemier, à l'hôpital Saint-Louis, les vendredis, à huit heures et demie.

---

**Muséum d'histoire naturelle.**

ZOOLOGIE (animaux articulés). — M. *Émile Blanchard* (de l'Institut) reprendra ce cours le mercredi 8 novembre, à une heure, et le continuera les lundis, mercredis et vendredis suivants à la même heure. Il traitera du développement et des métamorphoses des Crustacés et des Arachnides.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — M. *Becquerel* (de l'Institut) reprendra ce cours le lundi 6 novembre, à onze heures et quart, et le continuera les lundis et vendredis suivants à la même heure.

---

*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 50. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 11 NOVEMBRE 1865.

# REVUE
DES
# COURS SCIENTIFIQUES
## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

**On s'abonne**
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS. — **Physiologie générale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : Caractères généraux et classification des liquides de l'organisme.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Anthropologie.** — Cours de **M. de Quatrefages** : L'homme primitif.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : Le brome, l'iode et le fluor. — Le phosphore.

## FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

## PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE (1).

COURS DE M. CL. BERNARD.

(de l'Institut).

### Caractères généraux et classification des liquides de l'organisme.

L'objet du cours de cette année sera l'étude des propriétés des liquides contenus dans les êtres vivants.

Tous les éléments actifs de l'organisme animal ou végétal sont plongés dans des liquides qui leur apportent leurs éléments nutritifs, reçoivent leurs déjections et contiennent les irritants propres à déterminer leurs manifestations vitales.

Il y a sans doute certaines différences au point de vue de ces liquides organiques, entre les animaux et les végétaux ; cependant il n'y a, à vrai dire, que deux classes de liquides chez les êtres organisés, des liquides aqueux, c'est-à-dire dont l'eau forme la majeure partie, et des liquides qui présentent une composition différente, comme les huiles essentielles par exemple. Mais ces deux classes de liquides ont une importance fort inégale ; les premiers sont de beaucoup les plus intéressants et ils nous occuperont presque exclusivement dans ce cours ; les seconds remplissent des fonctions plus spéciales, et dès lors ne doivent pas nous arrêter longtemps.

Les liquides aqueux sont très-importants et l'eau joue dans leur composition et leurs propriétés un rôle fort considérable. Aussi les moindres variations dans les proportions d'eau que contiennent les êtres vivants entraînent-elles tout de suite des conséquences fort graves. Les liquides sont le véhicule nécessaire des matériaux de l'organisme et l'intermédiaire indispensable du double mouvement de composition et de décomposition qui constitue la vie. Chez les animaux inférieurs, qui peuvent supporter la dessiccation sans périr, cette dessiccation arrête toutes les manifestations vitales, et l'eau les fait renaître ensuite lorsqu'elle leur est rendue. De même la graine desséchée ne commence à parcourir les diverses phases de son développement que lorsqu'elle a reçu l'eau nécessaire aux phénomènes de la germination.

L'eau forme une partie considérable du corps humain, les neuf dixièmes environ. Cette proportion a été indiquée par divers expérimentateurs, et par Chaussier notamment. Chaussier fit placer dans un four, à une température assez peu considérable pour ne pas produire la carbonisation, un cadavre humain qui pesait 60 kilogrammes, et lorsque la dessiccation fut complétement opérée, le cadavre ne pesait plus que 6 kilogrammes. C'est donc bien neuf dixièmes de liquides pour un dixième seulement de parties solides.

La plupart des liquides organiques sont presque exclusivement aqueux, et, par conséquent, indépendamment des propriétés spéciales qu'ils doivent à des substances particulières, tenues en dissolution ou en suspension, ils ont d'abord une première importance physiologique, comme liquides, par l'eau qu'ils contiennent et qui joue quelquefois un rôle très-important. Le suc pancréatique contient environ 99 pour 100 d'eau, le suc gastrique à peu près la même proportion, le lait de 70 à 80 pour 100, le sang de 80 à 90, etc. Mais il y a aussi certains tissus qui contiennent des proportions d'eau beaucoup

(1) Voy. le numéro 20.



Digitized by Google

moins considérables, par exemple la dentine, l'osséine, etc. Enfin, il y a d animaux qui, dans leur masse totale, possèdent beaucoup moins d'eau que d'autres; ainsi, les mollusques renferment toujours beaucoup d'eau, tandis que les insectes en contiennent relativement très-peu.

Les végétaux ne se distinguent point des animaux sous ce rapport et contiennent aussi des quantités d'eau variables suivant certaines circonstances, mais toujours très-considérables.

L'eau est donc une condition essentielle de la vie. Tout organisme vivant doit contenir de l'eau et doit même en contenir des proportions déterminées. C'est ainsi qu'il faut une certaine proportion d'eau pour maintenir l'élasticité des tissus.

M. Chevreul a fait de nombreuses expériences sur la dessiccation des divers tissus, et il est arrivé à des résultats fort intéressants. Il a vu, par exemple, que la cornée transparente de l'œil devait sa transparence à une certaine proportion d'eau, et que la cornée opaque devait son opacité à une autre proportion du même liquide. Si l'on desséchait ces deux membranes, la cornée transparente devenait opaque et la cornée opaque devenait transparente; mais lorsqu'on les remettait dans l'eau, chacune d'elles reprenait ses propriétés ordinaires. Le cristallin de l'œil devient également opaque par la dessiccation et il recouvre aussi sa transparence lorsqu'on le plonge dans l'eau. On a donc produit, par ce moyen, une sorte de cataracte artificielle, et l'on voit en même temps que la transparence du cristallin dépendait de la proportion d'eau que contenaient ses tissus.

Mais ce qu'il y a de plus curieux et de plus piquant dans ces expériences, c'est qu'on peut ainsi donner véritablement la cataracte à un animal vivant. Seulement on ne peut opérer que sur des animaux assez petits, comme des grenouilles par exemple, et l'expérience s'exécute tout simplement en les desséchant. Pour dessécher un animal il suffit d'enlever de l'eau à son sang, parce que tous les éléments histologiques tendent aussitôt à rétablir la composition normale du sang, en y déversant l'eau qu'ils contiennent, et s'appauvrissent ainsi spontanément. On donne donc la cataracte à une grenouille en la suspendant simplement dans un panier et en l'exposant à un courant d'air assez actif pour la faire dessécher.

On peut encore réaliser l'expérience d'une autre manière, ainsi que l'a fait M. le docteur Kunde. Son procédé consiste à introduire dans le canal intestinal de la grenouille des corps avides d'eau, du sucre ou du sulfate de soude; il se produit alors au travers des parois intestinales une action endosmotique qui enlève au sang une partie de son eau et la grenouille perd bientôt la vie. La cataracte disparaît du reste également lorsqu'on rend à l'animal le liquide qu'il a perdu, en le plongeant dans l'eau.

Mais ce n'est point là le seul résultat de cette expérience; les autres tissus éprouvent comme le cristallin de l'œil l'influence de la dessiccation, et, lorsqu'on dessèche une grenouille, en même temps qu'elle devient aveugle, elle éprouve des convulsions comme si on l'avait soumise à l'influence de la strychnine.

L'eau est donc indispensable à la manifestation des phénomènes vitaux, et, comme l'organisme en élimine incessamment des quantités fort notables par les diverses voies excrétoires, urine, respiration, sueur, etc., il faut aussi lui en rendre incessamment pour compenser cette perte. Nous examinerons plus tard la question de savoir s'il ne se forme pas directement de l'eau dans l'intérieur des êtres vivants; mais, quelle que doive être la solution de cette question toujours est-il qu'il ne s'en formerait que très-peu, et que l'organisme doit par conséquent trouver au dehors, dans le milieu qui l'entoure, la plus grande partie de l'eau qui lui est nécessaire, sous peine de périr par défaut d'eau, car l'eau, faisant partie de tous les liquides et de tous les tissus vivants, est tout à fait indispensable à leur nutrition.

Si l'organisme peut périr par défaut d'eau, il est aussi évident qu'un excès de ce liquide peut apporter les plus grands troubles dans ses fonctions. Toutefois la proportion d'eau contenue dans les êtres vivants peut varier entre des limites assez éloignées : même dans l'état normal des fonctions, le rapport entre la quantité des liquides de l'organisme et celle des solides est fort mobile, car un animal contient beaucoup plus de liquides lorsqu'il est en digestion que lorsqu'il se trouve à jeun, tandis que la quantité des parties solides reste sensiblement la même dans ces deux états.

Enfin, on peut injecter dans les veines d'un animal une assez grande quantité d'eau avant de produire de graves désordres organiques, et surtout avant d'amener la mort. Nous avons fait autrefois à ce sujet une expérience intéressante. Un chien pesant 2 kilogrammes et demi et pris en état de digestion, c'est-à-dire dans l'état physiologique pendant lequel l'organisme contient le plus de liquide, reçut, par injection dans la veine jugulaire, 800 grammes d'eau à la température normale du corps (35 à 40 degrés) — c'est-à-dire environ le tiers de son poids, — avant de présenter des accidents graves. Toutes les sécrétions qui s'étaient progressivement ralenties disparurent alors, sauf la bile; mais l'écoulement fourni par le canal cholédoque provenait sans doute du passage tout mécanique de l'eau dans la vésicule biliaire. L'injection ayant été continuée, l'animal présenta de temps en temps des convulsions tétaniques d'une durée plus ou moins longue, et finit par périr après avoir reçu 1120 grammes d'eau.

Nous allons examiner maintenant en particulier les divers liquides de l'organisme, et nous distinguerons de suite deux grandes classes :

1° Les liquides qui circulent dans des tuyaux organiques convenablement disposés et sont destinés à nourrir les divers tissus du corps;

2° Les excrétions et les sécrétions qui sont destinées soit à former, soit à épurer les liquides nourriciers.

Enfin on peut ranger dans une classe à part les liquides contenus dans des cavités closes, liquides qui remplissent des fonctions spéciales et ont bien moins d'importance que les premiers.

Les liquides nourriciers nous occuperons principalement à cause de leur importance capitale en physiologie. C'est au milieu d'eux que vivent tous les éléments organiques, et l' peut dire avec raison qu'ils sont le théâtre de la vie, car tous les phénomènes vitaux s'accomplissent dans leur sein; les éléments histologiques y rencontrent les irritants qui provoquent l'exercice de leurs fonctions; ils y puisent les aliments nécessaires à l'entretien de leur activité et y déposent le résultat de cette activité, ce qu'on pourrait appeler leurs excréments, c'est-à-dire les matériaux organiques usés et mis hors de service par l'action de la vie. Par suite de ces diverses fonctions ces liquides s'altèrent rapidement, et par conséquent il faut qu'ils circulent pour se régénérer sans cesse et apporter constamment aux tissus tous les éléments dont ils ont besoin.

Digitized by Google

Chez les animaux, le liquide nourricier s'appelle le *sang*, quels que soient la classe, la nature et le rang de l'animal que l'on considère. Il y a cependant des différences d'aspect notables entre le sang des divers animaux. Chez les animaux inférieurs le fluide nourricier est incolore, ou, s'il est coloré, sa couleur varie d'un animal à l'autre, et elle est due à diverses substances qu'il tient en dissolution. Chez les vertébrés au contraire, le sang est toujours rouge et possède des caractères invariables et très-nets.

Le sang des animaux supérieurs possède toujours des globules et ces globules y paraissent indispensables à l'entretien de la vie. Cependant la séve des végétaux ne présente aucune trace de globules et l'on n'en trouve pas davantage chez les animaux inférieurs, bien que ces animaux possèdent un système circulatoire et un fluide nourricier de même que tous les autres. L'huître, par exemple, a du sang qui circule dans un système vasculaire défini; mais ce sang n'a pas de globules, et cependant il remplit les mêmes fonctions que le sang, si riche en globules, des animaux supérieurs, car il nourrit comme lui des fibres musculaires, des fibres nerveuses, etc.

Les globules du sang ne sont donc point des parties essentielles de ce liquide, mais des parties de perfectionnement. La vie étant plus lente chez les animaux inférieurs, un sang dépourvu de globules suffit pour l'entretenir et fournir aux divers tissus les éléments de leur activité fonctionnelle. Chez les animaux supérieurs, au contraire, la vie devient beaucoup plus rapide, et tous les phénomènes s'accélèrent; il faut donc que le mouvement nutritif qui fournit les éléments de tous ces phénomènes s'accélère dans la même proportion, et c'est à cela que servent les globules : ils rendent beaucoup plus rapides les échanges de gaz entre l'atmosphère et l'organisme, et activent ainsi le développement de la chaleur animale, ainsi que tous les phénomènes qui en dépendent. Mais les globules ne font point, à vrai dire, partie intégrante du sang; ce sont des éléments histologiques libres nageant au milieu de la liqueur sanguine et se distinguant parfaitement d'elle. Il est vrai que lorsqu'on lui enlève ses globules le sang des animaux supérieurs devient incapable de remplir ses fonctions nutritives; mais cela tient au rôle que jouent ces globules dans le phénomène de la nutrition des divers tissus, et il n'en est pas moins vrai que le sang, considéré comme milieu organique, doit être envisagé sans ses globules, qui ne sont pas seulement une matière organique, mais encore des êtres organisés.

Chez les animaux inférieurs on ne trouve qu'une seule espèce de liquide nourricier, le sang, qui circule soit dans des lacunes, soit dans des systèmes vasculaires divers et plus ou moins parfaits. Les animaux supérieurs, au contraire, possèdent plusieurs genres de liquides nourriciers. En effet, on distingue d'abord le sang, circulant dans les veines et dans les artères, tantôt rouge et tantôt noir, possédant des globules rouges; puis vient la lymphe qui n'a pas de globules rouges et correspond assez bien au liquide nourricier unique des animaux inférieurs; enfin, le chyle n'est autre chose que la lymphe des vaisseaux lymphatiques de l'intestin, lorsqu'on considère ces vaisseaux pendant la digestion, car à l'état d'abstinence ils ne contiennent que de la lymphe ordinaire, comme tous les autres vaisseaux lymphatiques.

Mais la lymphe et le chyle ne sont autre chose que du sang dépourvu de globules, car ils présentent la même composition et contiennent les mêmes substances que ce dernier liquide. C'est donc toujours le sang qu'il faut considérer, car c'est lui seul qui apporte à tous les éléments organiques les particules nutritives dont ils ont besoin, et qui reçoit les résultats de leur vie. Les phénomènes vitaux, quels qu'ils soient, résultent toujours d'un contact intime entre le sang et les éléments histologiques, et l'on voit par là qu'il doit y avoir en pathologie deux causes de maladies, l'altération de l'organisme lui-même et l'altération du sang qui lui sert de milieu immédiat.

Voilà donc une première classe de liquides à étudier : le sang et les différents liquides qui en sont comme les démembrements, la lymphe, par exemple. Vient ensuite une seconde classe comprenant les liquides d'*excrétion* et de *sécrétion*. Il est assez difficile de distinguer rigoureusement ces deux genres de liquides les uns des autres; mais l'indication des principaux d'entre eux fera comprendre de suite leurs caractères respectifs.

Les excrétions sont destinées à séparer du sang les parties organiques qui ont servi à la nutrition. Parmi les liquides d'excrétion, on doit citer au premier rang l'urine, puis la sueur, quelques liquides intestinaux, et quelquefois aussi le lait qui est le plus souvent une sécrétion.

Ce dernier exemple nous montre qu'il y a des excrétions qui ont toujours ce caractère, et d'autres qui sont tantôt excrétions et tantôt sécrétions. Pour l'urine, il n'y a pas de doute, le caractère d'excrétion est évident. Or, ce qui caractérise ce liquide, c'est l'urée. Eh bien, l'urée peut également s'éliminer par la sueur et par diverses autres voies qui sont alors de véritables excrétions. L'urine n'a pas d'autre fonction que d'enlever du corps ce qui a déjà servi à la nutrition; c'est donc une matière excrémentitielle, et l'on ne peut lui trouver un usage différent de celui-là. Mais l'urine n'élimine pas seulement l'urée; si l'on a introduit dans l'organisme des matières étrangères qui ne s'assimilent pas, c'est encore par la voie de ce liquide qu'elles sont enlevées.

Le poumon est aussi un organe excréteur; mais c'est là une excrétion gazeuse, qui a surtout pour objet l'acide carbonique.

Les sécrétions sont le phénomène inverse des excrétions; elles consistent dans la production d'une matière qui doit servir à la nutrition.

En botanique, le mot sécrétion prend un autre sens; ainsi on dit par exemple d'une plante qui sépare l'iode du terrain où elle croît pour l'introduire dans ses tissus qu'elle *sécrète de l'iode*. Chez les animaux, la sécrétion est très-différente de cela, comme nous allons le voir.

Les sécrétions se produisent dans des organes glandulaires qui forment certains produits spéciaux, lesquels ne se trouvent pas dans le sang : telles sont les sécrétions du pancréas, des glandes salivaires, du foie, etc.

On avait voulu autrefois confondre ces liquides avec les liquides d'excrétion, et dire que toutes les glandes ne font que séparer du sang des matières qui s'y trouvaient déjà toutes formées, à peu près comme ferait un tamis. Cette théorie est vraie pour les excrétions; mais il n'en est point de même des sécrétions, et il faut établir une distinction profonde entre ces deux phénomènes. Le lait, par exemple, contient du beurre, de la caséine, etc.; ces matières sont formées sur place dans la glande mammaire, et ne se trouvent pas dans le sang; la ptyaline est produite de même dans les glandes salivaires, et, de même encore la matière caractéristique du suc pancréa-

Digitized by Google

tique est formée dans le pancréas par une évolution spéciale. L'urée, au contraire, existe dans le sang avec tous ses caractères et les reins ne font que l'en séparer. La preuve en est que l'on trouve facilement de l'urée dans le sang, si on l'empêche d'en sortir en extirpant les reins, tandis qu'on aurait beau arracher la glande mammaire, on ne trouverait jamais de lait dans le sang. Et dans ce cas, en effet, nous avons affaire à une sécrétion intermittente qui ne se produit que sous l'influence de conditions physiologiques particulières.

Parmi les sécrétions, nous distinguerons des sécrétions *externes* et des sécrétions *internes*. Les sécrétions externes sont celles que nous venons de citer comme exemples : le suc pancréatique, la salive, etc.; les sécrétions internes proviennent des glandes sanguines qui déversent leurs produits dans le sang au lieu de les déverser à l'extérieur; car le sang lui-même est un produit de sécrétion.

Après les excrétions et les sécrétions, viennent les liquides contenus dans des cavités closes; nons pouvons citer notamment des huiles essentielles et d'autres matières du même genre. Ces liquides sont sécrétés dans les cellules; il arrive même quelquefois que les cellules voisines produisent des liquides différents, et lorsque leurs parois viennent à se rompre, ces liquides, en réagissant les uns sur les autres, peuvent donner naissance à des produits nouveaux.

Ainsi les amandes amères ont une saveur assez vive qui est due à l'acide prussique; cependant, ces amandes ne contiennent pas d'acide prussique, et l'on n'en trouve même point dans l'amandier. Mais le phénomène ne s'explique pas moins très-facilement pour cela. En effet, parmi les cellules de ces amandes, il y en a qui contiennent de l'amygdaline, substance cristallisée, soluble dans l'eau, et d'autres qui contiennent un ferment particulier, l'émulsine, matière albuminoïde comme tous les ferments. En mangeant les amandes, on rompt les parois de ces cellules; l'émulsine mise en présence de l'amygdaline réagit sur elle, de l'acide prussique prend naissance, et par suite l'odeur caractéristique de cet acide se dégage de l'amande comme si elle en contenait dans ses tissus. Les amandes douces contiennent seulement de l'émulsine et pas d'amygdaline. Pour provoquer ce développement de l'acide prussique, et leur donner ainsi la saveur des amandes amères, il faut donc y ajouter de l'amygdaline et de l'eau.

Le venin du crapaud se produit aussi dans une glande qu'on a nommé parotide à cause de sa position, mais qui est très-différente des glandes parotides salivaires. Il en est de même du venin de la vipère. Ces venins n'existent pas dans le sang des animaux qui les possèdent, car ils les empoisonnent lorsqu'ils y sont introduits, contrairement à ce que croyait Fontana : seulement, l'empoisonnement se produit un peu plus lentement que si l'on avait injecté ces venins sur d'autres animaux.

Ces liquides étant capables de produire des désordres graves s'ils pénétraient dans le sang, doivent naturellement être renfermés dans des viscères qui ne les absorbent pas. Il en est de même de plusieurs excrétions et sécrétions, ainsi la membrane de la vessie absorbe l'eau, mais non l'urine. La muqueuse de l'estomac n'absorbe pas non plus la pepsine qu'elle produit, et c'est pour cela que l'estomac ne se digère pas lui-même. On sait que quelqu'un étant venu trouver Newton, pour lui dire qu'il avait découvert un dissolvant universel, celui-ci lui demanda naturellement dans quoi il le contenait puisqu'il dissolvait tous les vases possibles. C'est, en effet, ce qui arriverait dans l'organisme animal pour ces sécrétions particulières, si la nature n'y avait pas pourvu. Du reste, si l'estomac ne se digère pas lui-même, c'est uniquement parce qu'il n'absorbe pas la pepsine et non point parce qu'il est en vie et que des tissus ne pourraient être digérés tant qu'ils seraient vivants. L'existence de la vie dans un tissu animal ne peut point le préserver de l'action des sucs digestifs; nous avons fait autrefois une expérience qui le prouve clairement. Cette expérience consistait à pratiquer sur un chien une fistule stomacale, par laquelle on introduisit une patte de grenouille, et cette patte fut promptement digérée, quoique la grenouille continuât toujours à vivre.

---

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

## ANTHROPOLOGIE (1).

### COURS DE M. DE QUATREFAGES

(de l'Institut).

### XVIII.

#### De l'homme primitif.

Nous avons terminé dans notre dernière leçon l'examen des questions relatives à l'acclimatation en général. Nous avons vu que si la chaleur est le grand obstacle au libre établissement des races européennes transportées, cette raison n'est pas la seule; une autre condition mauvaise s'y adjoint, c'est l'influence paludéenne, et nous avons vu, d'après les recherches de Boudin, que la zone des fièvres intermittentes est beaucoup plus large dans l'hémisphère nord que dans l'hémisphère sud.

Nous avons enfin cherché les conditions générales capables d'atténuer ces deux grands obstacles au libre acclimatement des populations blanches dans les pays chauds. Nous avons conseillé une marche lente et progressive dans l'acclimatation, condition essentielle qui a permis au genre humain tout entier de peupler la terre, aux Juifs et aux Bohémiens de se répandre partout sans voir diminuer leur puissance de multiplication, aux Arians de se diviser en deux branches, habitant des milieux tout différents. Il faudra tenir aussi grand compte du choix de la station, choisir de préférence l'intérieur des terres et les lieux élevés, à moins de circonstances spéciales. Le régime devra établir une transition insensible entre le passé et l'avenir. Nous avons conseillé le croisement avec la race indigène comme devant mener plus vite à la formation de la race dérivée qui constitue l'acclimatement lui-même, et nous avons appuyé sur des exemples notre assertion qui, au premier abord, peut paraître étonnante. Nous avons enfin recommandé aux colons la moralité qui, en assurant la santé du corps, prépare seule de fortes générations pour l'avenir.

La dernière leçon clôt la seconde partie de cet enseignement, nous avons franchi la deuxième étape. Qu'il nous soit donc permis de jeter un coup d'œil en arrière et de rappeler le chemin parcouru.

---

(1) Voy. les nos 33, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48 et 49.

Digitized by Google

Nous avons vu, dès le début, que deux doctrines se disputent le terrain de l'anthropologie, le monogénisme et le polygénisme. Dans la première, l'histoire de l'homme est la monographie d'une espèce ; dans la seconde elle est l'histoire d'un genre composé d'espèces multiples. Sans s'être spécialement occupé de sciences naturelles, on comprend facilement l'immense différence qui sépare ces deux doctrines.

Profondément convaincu de la vérité du monogénisme, le professeur devait avant tout faire partager à son auditoire des convictions dont le reflet se retrouverait dans le cours entier. Pour cela il y avait deux choses à faire : démontrer directement par des faits l'unité humaine, répondre aux objections qui lui sont faites. Et tel fut en effet le sujet de tout le cours de l'année dernière. Nous avons démontré l'unité humaine en nous appuyant sur les lois générales qui régissent la botanique, la zoologie et la physiologie, c'est-à-dire qui constituent la science des êtres vivants, et auxquelles par conséquent l'homme ne pouvait se soustraire. Les objections, au moins toutes celles qui s'adressaient à la doctrine en elle-même, ont été examinées une à une.

Mais le monogénisme entraîne des conséquences auxquelles se sont adressées aussi les objections. Nous devions suivre les premières et examiner les secondes. Et c'est ce que nous avons fait dans la première moitié des cours de cette année.

Nous pouvons maintenant aborder l'homme en face, l'étudier en dehors des autres êtres et le comparer à lui-même. Nous ne l'isolerons pas pour cela, nous devrons faire parfois des rapprochements, mais nous n'aurons plus d'inconnues à représenter par des quantités connues.

La méthode que nous suivrons sera toujours la même, nous resterons toujours naturalistes. Or, le naturaliste qui va décrire un groupe donne d'abord une idée générale des appareils dont les modifications permettront de distinguer les espèces; il traite des caractères en général. Le zootechniste qui s'occupe des races fait de même, ou s'il le néglige, c'est qu'il suppose connus les phénomènes généraux de variations.

L'anthropologiste monogéniste doit, à plus forte raison, aborder cette étude. La nature et l'étendue des variations des races humaines sont d'ordinaire peu connues et mal appréciées. Pour s'en faire une juste idée, il faut grouper les faits et les comparer : ce n'est qu'ainsi qu'on peut juger de leur valeur. C'est par cette étude des caractères généraux que nous commencerons cette troisième partie de notre enseignement : ce sera une préparation indispensable à l'étude des races, en même temps qu'une confirmation de ce que nous avons établi dans nos leçons précédentes.

Le zootechniste qui fait l'histoire d'une espèce et de ces races, commence toujours par faire connaître la souche primitive, l'espèce sauvage qui fut le point de départ des modifications ultérieures. De cette façon seulement on peut juger de la valeur de ces modifications. Parfois il lui est impossible de retrouver ce type premier qui lui est complétement inconnu : c'est ce qui a lieu pour le bœuf par exemple. Il en est alors réduit à de simples conjectures.

Or, l'anthropologiste, placé devant ce même problème, éprouve précisément le même embarras. On comprend en effet que la souche ou l'espèce étant connue on en puisse facilement déduire les races ; mais comment remonter sûrement des races connues au type spécifique disparu ou confondu avec les races. C'est un des cas où les polygénistes semblent d'abord triompher.

Pour eux, en effet, cette difficulté n'existe pas. Les groupes humains sont des espèces. Tels que nous les voyons ils ont été créés, il n'est donc pas de filiation, pas de type premier à rechercher.

Si les deux doctrines apparaissent avec ce contraste tant de fois déjà signalé, le polygénisme escamote les difficultés de détail, mais aussi il en soulève de bien plus fondamentales, en mettant l'homme en contradiction avec les lois générales de l'organisation. Le monogénisme au contraire, étant la la vérité, aborde franchement tout problème qui se présente, essaye de le résoudre, ou sinon confesse son impuissance.

Essayons donc, et voyons jusqu'où peuvent nous conduire les données actuelles sur ce problème de l'homme primitif ; les données scientifiques seules, cela va sans dire.

Quels sont les caractères de l'homme primitif?

Et d'abord, existe-t-il encore ? — Cela est peu probable.

En effet, nous trouvons dans les histoires traditionnelles de l'homme, le souvenir commun chez tous les peuples d'un déluge ayant fait périr en grande partie l'espèce humaine. Nous savons que les découvertes modernes sont venues confirmer cette tradition universelle en nous montrant que l'homme a vécu avant la période géologique actuelle, lors des formations quaternaires et peut-être des formations tertiaires. L'homme a chassé en France le renne et le bœuf musqué, il a été contemporain de l'époque glaciaire. Or, à en juger par les débris que nous trouvons de son industrie, il était alors relativement jeune, c'est-à-dire qu'il manquait des moyens défensifs que le progrès et la civilisation lui ont fourni depuis contre le milieu. Si de nos jours encore le milieu modifie les races qui se défendent le mieux, si l'Amérique a pu faire de l'anglo-saxon un Yankee, nous devons penser qu'il dut considérablement modifier l'homme primitif, à cette époque où son action était sans doute plus énergique, et où cet homme lui-même plus faible et sans armes devait lui résister moins. Tout dans l'homme a donc dû se modifier plus ou moins; l'homme actuel a pu conserver les traits fondamentaux de l'espèce créée, il n'est pas resté le même.

Mais en supposant que l'homme primitif existe, où le chercher? Ce ne peut être sur les monuments, même les plus anciens, ceux par exemple qui, d'après Lepsius, remontent à 4000 ans avant notre ère. Les hommes qui les construisirent étaient déjà civilisés, très-éloignés du centre de création. Il y avait donc djéà alors un long temps que l'homme primitif avait dû se modifier.

Nous ne pouvons, en effet, adopter les opinions émises par M. le comte Euèsbe de Salles dans son histoire générale des races humaines. « L'homme, dit-il, créé par Dieu, sortit des » mains du Créateur œuvre parfaite, adulte de corps et d'esprit. » Quelle que soit la dégradation momentanée de quelques » hommes, la civilisation est leur but ultérieur, elle fut leur » cadre originaire. » — Il est difficile de comprendre sur quelle autorité s'appuie cet auteur.

Chez toutes les nations, en effet, dans toutes les races, nous trouvons la tradition d'un commencement d'éducation ; puisque toutes conservent les noms des inventeurs de métiers d'industrie élémentaire. Les Chinois en particulier possèdent le tableau complet du progrès de leur civilisation. Ce tableau commence à l'époque où les hommes vivaient nus sur les arbres et ignoraient le feu ; plus tard ils se vêtirent d'herbes

Digitized by Google

et d'écorces, puis de peaux. Ce que nous savons de l'homme européen antéhistorique mène absolument au même résultat général. Donc, né perfectible, l'homme n'est pas arrivé sur la la terre avec le développement complet de cette perfectibilité. L'homme actuel, tel que l'a fait la civilisation, est perfectionné à certains égards, il est dégradé à d'autres points de vue, mais en tous cas il est certainement modifié.

Mais, faut-il passer à une opinion extrême, et chercher l'homme primitif sur les confins du règne animal. Faut-il supposer que l'homme est le descendant d'un singe qui, pour passer d'un type à l'autre, n'aurait eu qu'à se modifier légèrement?

Cette opinion, soutenue récemment par quelques hommes d'un grand mérite, a eu un tel retentissement dans le monde, que nous devons l'examiner ici, fut-ce très-rapidement.

Cette idée est une simple application de la théorie de Darwin, théorie que nous avons examinée l'année dernière et qui n'est fausse que dans les applications exagérées de l'auteur et surtout de ses disciples.

Darwin regarde tous les êtres organisés comme nés de quatre types et peut-être même d'un architype, par sélection naturelle et lutte pour l'existence. Certes la lutte pour l'existence et la sélection naturelle sont des faits que nous acceptons. Avant que Darwin eût employé ces expressions, nous expliquions par les phénomènes qu'elles indiquent, par nos actions de milieu, la formation des races. Ces deux principes formateurs des races ont-ils engendré les espèces? Ici nous touchons aux questions d'origines malheureusement insolubles. On peut connaître une montre et une machine et ne rien savoir de l'extraction du minerai qui constitue leur essence. Les phénomènes qui produisent ne sont pas ceux qui entretiennent. Dans l'étude de l'organisation nous constatons ceux-ci, nous ignorons ceux-là. A tout moment Darwin amène dans la discussion la possibilité absolue des faits. Évidemment tout est possible, les pygmées et les géants ne sont pas d'absurdes impossibilités; mais on ne peut arguer en science de ce qui n'est pas démontrable.

Appliquons cependant ces données de la théorie de Darwin à la recherche de l'homme primitif, et voyons si cette doctrine a dans ce cas quelques faits pour elle.

Il y a deux nuances dans l'opinion de ceux qui veulent faire dériver l'homme du singe. Pour les uns l'homme descend d'un seul singe et le nègre forme la transition, le chaînon reliant les deux types. Pour les autres, chaque race humaine a pour ancêtre un singe particulier.

La première de ces opinions a été surtout soutenue en Angleterre. C'est dans un meeting pour l'avancement des sciences que la discussion prit naissance. L'évêque d'Oxford y discuta l'opinion de Darwin et poursuivit sa doctrine de ses railleries. Huxley, savant éminent et ami de Darwin, lui répliqua en disant : « J'aimerais tout autant descendre d'un singe » perfectionné que d'un Adam dégénéré. »

On voit sur quel terrain s'est dès l'abord engagé la discussion : le fait scientifique est ici dominé par des préoccupations dogmatiques et antidogmatiques. Les mêmes préoccupations éclatent à chaque page dans l'ouvrage récent de Vogt intitulé : *Leçons sur l'homme*. Il suffit pour s'en convaincre de lire sa péroraison. Son livre tout entier est une charge à fond sur l'Adam dogmatique. Or, nous regretterons toujours de voir si mal comprendre le rôle et le but de la science. Que l'on soit évêque d'Oxford ou professeur à l'Université de Genève, on devrait toujours se rappeler que la science et le dogme sont choses trop différentes pour les accoler. La théologie doit rester sur son terrain, la science sur le sien; l'une comme l'autre ne pouvant que perdre au contact.

Mais revenons au mode de discussion dont nous ne voulons jamais nous écarter.

Est-il possible que le singe, se modifiant, ait pu engendrer l'homme? Cela n'est pas absolument impossible. Mais pas un fait n'appuie cette théorie; l'expérience et l'observation démontrent le contraire.

Peut-on citer un seul fait militant en faveur de cette idée? — Non.

On parle souvent de crânes pithécoïdes qui établissent le passage de l'homme au singe. L'un surtout trouvé à Neanderthal, est remarquable par la saillie considérable des crêtes sourcilières qu'on a dit être analogues à celles des singes anthropomorphes, et par le peu d'élévation de la voûte. Mais de nos jours encore des individus présentent cette disposition des arcades sourcilières, et dans la collection qu'avait récemment exposée au palais de l'Industrie M. d'Aubry-Lecomte, le professeur a pu voir le crâne d'un néocalédonien présentant ce caractère. Le regrettable Gratiolet a donné au Muséum une tête qui présente la même chose, bien qu'en de moindres proportions; les caractères sont ici identiques avec ceux offerts par le crâne, objet des discussions.

Qu'est-ce que ce crâne de Neanderthal? M. Pruner a montré que les caractères extérieurs seuls en faisaient un crâne celtique; bien plus, il a fait mouler l'intérieur d'un autre crâne celtique, parfaitement authentique, et ce moule placé dans le crâne en litige s'y est parfaitement adapté. C'est donc bien un crâne celtique. Mais peut-on au moins démontrer l'antiquité de ce crâne, peut-on prouver qu'il se rapproche de cette prétendue époque de transition? Cette question si importante reste sans réponse. Son âge est tout à fait indédéterminé et l'on a même dit qu'il était contemporain. On ne peut donc baser sur lui aucune preuve dans le débat actuel.

A l'appui de notre thèse, nous avons au contraire des échantillons dont la haute antiquité est démontrée. Il nous suffit de citer les mâchoires de Moulin-Quignon, de de Vibraye et d'Aurignac. Ce sont évidemment là les ossements les plus anciens que nous possédions. Or, ces mâchoires n'ont rien de la forme pithécoïde. L'orthognathisme y est parfait; et elles ont appartenu à des individus de petite taille.

Une mâchoire prognathe, envoyée à la Société d'anthropologie, a pu mettre pendant quelque temps le doute dans les esprits. Mais MM. Gratiolet et Pruner démontrèrent que cette mâchoire n'avait pas appartenu à un individu nègre et ne rappelait en rien le prognathisme des singes.

Cette manière de voir fut depuis confirmée par une découverte faite dans les fouilles du trou des Nutons en Belgique. On y trouva une tête dont le prognathisme était remarquable; mais à ce prognathisme correspondait un développement cérébral qui éloignait de la pensée l'idée d'un être intermédiaire à l'homme et au singe.

Ainsi, dans l'état actuel de la question, rien ne confirme la théorie qui fait descendre l'homme du singe, et les faits que l'on possède militent contre elle. Car, suivant l'opinion de MM. Van Beneden et Dumon, l'orthognathisme est démontré contemporain des espèces animales des terrains anciens, tandis que les crânes prognathes n'ont encore été trouvés que dans des dépôts récents.

Digitized by Google

Signalons ici l'étrange contradiction de ceux que nous combattons. Ces mêmes hommes qui admettent le passage du singe à l'homme, refusent d'admettre la transformation d'un homme en un autre homme. Ils nient la formation des races humaines, et ils admettent la transmutation des espèces.

Le professeur n'aime pas à toucher aux questions d'origine qui sont aussi obscures en ce qui concerne l'homme, qu'en ce qui concerne les animaux et les végétaux. La doctrine de Darwin et de Vogt a cependant fait un tel bruit dans ces derniers temps, qu'il a cru devoir l'examiner rapidement.

Il nous faut maintenant rechercher si, dans les races actuelles, il en est que nous puissions regarder comme plus ou moins voisines du type primitif. C'est toujours l'expérience et l'observation qui nous guideront dans ce démêlé du type primitif au milieu des formes dérivées.

Et d'abord, devons-nous prendre à la lettre les traditions chinoises qui nous montrent l'homme primitif vivant comme une bête fauve dans l'état sauvage le plus complet? Est-ce parmi les peuplades les plus dégradées que nous devons chercher les caractères de l'origine? Le professeur ne le pense pas, car ces peuplades nous offrent toujours des signes de dégradations volontaires, qui les abaissent jusqu'aux derniers échelons de la civilisation humaine. Nous en trouvons d'ailleurs des exemples dans les trois types humains et chez diverses races mixtes. M. de Quatrefages pense donc qu'il faut pénétrer, pour trouver l'homme primitif, parmi les populations demi-sauvages, parmi ces tribus chasseresses dont les plus anciennement connues avaient au moins du feu, des armes, des ornements. Mais dans cet état de civilisation nous rencontrons encore les trois types humains. Sur ce terrain l'embarras ne fait donc que croître, et il nous faut en changer.

Les lois de l'hérédité fournissent au moins quelques données.

On appelle *atavisme*, la réapparition d'un caractère primitif après un nombre indéterminé de générations. Certaines espèces domestiques nous présentent ce caractère : c'est ainsi que les vers à soie de Vallerangue, dont on ne conserve que les individus à cocons blancs, après cent générations au moins, donnent toujours des cocons jaunes. Les moutons d'Andalousie dont on ne laisse vivre que les individus à laine noire, présentent parfois, après deux cents générations, des taches blanches. Le professeur a insisté sur ces faits dans son cours de l'année dernière.

Nos connaissances relativement à l'homme ne remontent pas au delà de cinquante à soixante-dix siècles, en supposant que les calculs fondés sur le cone de la Tinière aient quelque valeur. Chez lui, comme chez le ver à soie et le mouton, des faits d'atavisme peuvent donc se présenter après cette période. Les races dérivées pourront donc reproduire de temps à autre quelques caractères du type primitif.

Nous basant sur cette considération, il nous sera permis, en procédant par élimination, d'écarter du problème les races qui nous présenteront des faits d'atavisme. Nous écarterons d'abord la race nègre et toutes les populations noires, car dans toutes ces races il se produit des hommes ayant le teint des mulâtres, parfois même celui des blancs. La réciproque n'est jamais vraie ; on ne connaît pas d'exemples d'enfants nés de blancs avec les caractères de la race noire. Prosper Lucas, qui a cherché avec soin tout ce qui se rattache à ce problème, n'en a trouvé qu'un seul cas tout récent, encore fort douteux. Ces individus, qui naissent relativement blancs au sein des populations noires, portent des marques d'atavisme : donc les populations noires qui les produisent ne sont pas primitives et ont eu pour ancêtres des hommes à teint plus clair.

La linguistique confirme ce résultat. Aucune population noire ne parle une langue monosyllabique, toutes ont une langue agglutinative et les plus barbares ont déjà des trisyllabes, comme le montrent les langages drawidiens. Les progrès dans la forme générale du langage sont certainement un des moyens les moins incertains de juger de l'ancienneté des races. Cette considération place donc tous les nègres après les peuples à langue monosyllabique, et nous pouvons conclure que l'homme primitif n'avait pas le teint noir.

M. Eusèbe de Salles a cru trouver l'homme primitif dans l'homme roux, à peau blafarde, très-velue et couverte de taches de rousseur. Il le regarde comme offrant la transition la plus douce vers les diverses races : la confluence des taches donnera les races colorées, leur étiolement le blanc proprement dit. A l'appui de son opinion, il dit encore qu'on peut considérer comme un vague souvenir cette coutume de l'emploi chez les peuples sauvages de cosmétiques rouges; il dit encore qu'*Adam* signifie *roux* dans toutes les langues sémitiques. — Certes, de semblables arguments seraient bien insuffisants et ne démontreraient pas son opinion. Mais il cite un autre fait de beaucoup plus important : c'est qu'il apparait dans toutes les races des hommes à cheveux roux, ce qui constituerait un exemple général d'atavisme.

Cela est vrai effectivement, et nous en pouvons conclure que l'homme primitif avait probablement les cheveux plus ou moins rouges.

Mais quel a dû être le teint du premier type humain? La couleur blafarde, acceptée par M. de Salles, suppose l'absence de pigment coloré. Or, cette absence, qui constitue l'albinisme, ne se produit que par exception. Un fait général, au contraire, c'est la présence d'une couche pigmentaire colorée, et M. Kölliker a montré que la teinte jaune de pigment se trouve toujours dans le coloré, et cela dans toutes les races, même dans les races les plus blanches; qu'ailleurs, augmentant de quantité, il donnait à la peau une teinte brunâtre ou rougeâtre. On peut donc en conclure que l'homme primitif avait le teint tirant sur le jaune.

La linguistique confirmerait ce résultat s'il était absolument démontré. La langue monosyllabique par excellence, le chinois, est en effet parlée par un peuple jaune.

Nous pouvons compléter cet exposé des conjectures plus ou moins probables sur l'homme primitif, grâce à M. Pruner-bey, qui a bien voulu autoriser le professeur à faire connaître le résultat de ses études sur les Boschismen et les Hottentôts.

La race houzouana est des plus curieuses à étudier, et plus on la connaît, plus elle embarrasse les anthropologistes. Elle reproduit chez l'homme les groupes de transition que présentent les espèces animales, aussi le professeur l'avait-il placée à côté des nègres comme groupe aberrant. M. Pruner-bey fut frappé des faits singuliers que présentait cette race. On y observe en effet un crâne et des cheveux nègres en même temps qu'une face et une couleur mongoliques, au moins à certaines égards. Elle conserve des caractères fœtaux tels que des circonvolutions cérébrales peu développées, un bassin faible. On y observe réunis des traits isolés ailleurs, tels que la stéatopygie et la perforation olécrânienne. En un mot, aucune autre race ne réunit comme

Digitized by Google

elle les caractères les plus divers et servant à distinguer d'autres types; aussi, à bien plus de titres que l'homme roux, elle pourrait être regardée comme une sorte de centre d'où les diverses races auraient rayonné, emportant chacune quelques-uns des traits qu'elle réunit.

Mais, ce qu'il y a de plus frappant, c'est que la linguistique vient confirmer cette singulière opinion. On y retrouve la phonologie rudimentaire, des bruits inarticulés, des sons gutturaux très-rudes, très-peu de voyelles et de consonnes; les racines sont toutes monosyllabiques, des accents modifient la valeur des mots; enfin la grammaire, à certains égards, rappelle celle des Égyptiens et des Coptes, comme celle des Polynésiens et des Américains; on y trouve un rudiment de flexion dans les verbes, bien que le caractère fondamental soit l'agglutination. Ils emploient, pour nombrer, un système décimal. En somme, leur langage est imparfait, mais présente en germes presque tous les traits caractéristiques des trois grands groupes de langues de l'ancien monde, comme leur corps petit et leur tête laide résument presque tous les caractères physiques.

Avons-nous là trouvé l'homme primitif? — M. Pruner-bey ne va pas jusque-là; mais en se fondant sur cet ensemble de caractères de la race honzouana, sur son genre de vie, sur sa position géographique, il la proclame de très-haute antiquité, et M. de Quatrefages partage complétement son opinion.

En résumé, nous ne connaissons pas l'homme primitif, et nous le rencontrerions que nous ne pourrions pas le reconnaître. Nous savons seulement qu'il n'était pas noir; nous pouvons conjecturer qu'il avait le teint plus ou moins jaunâtre et les cheveux ardents. Voilà tout ce que nous apprennent, sur le type humain primordial, l'expérience et l'observation. — Halles.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE.

#### Brome.

Le brome (βρῶμος, *fétidité*) est liquide à la température ordinaire; sa couleur est rouge foncé; il est très-vénéneux, d'une saveur répugnante, d'une odeur irritante et très-forte, qui rappelle un peu celle du chlore. Il agit avec énergie sur les matières organiques et les détruit en les colorant en jaune; il attaque fortement les organes respiratoires. La densité du brome est 2,966. A la température de — 22 degrés, il se solidifie en feuillets cristallins.

A la température ordinaire, sa tension de vapeur est considérable; l'expérience suivante va mettre ce fait en évidence : si dans ce ballon je laisse tomber quelques gouttes de ce liquide, elles disparaissent aussitôt et le remplissent de vapeurs d'une couleur jaune orangé. On évite sa déperdition à l'état de vapeur en le conservant dans des flacons, sous une couche d'acide sulfurique, qui le recouvre sans s'y combiner. Il entre en ébullition à + 63 degrés; la densité de sa vapeur est égale à 5,393, ce qui donne 6gr,973 pour le poids du litre.

Ce corps est peu soluble dans l'eau; il forme avec elle un hydrate cristallisable vers la température de 0 degré. Il est assez soluble dans l'alcool, et soluble en toutes proportions dans l'éther. Le chloroforme, le sulfure de carbone, agités avec de l'eau bromée, enlèvent le brome à ce liquide et prennent une teinte rouge. Le brome teint en rouge orangé l'empois d'amidon.

Quant à ses propriétés chimiques, nous pouvons dire d'une façon générale, qu'elles sont la moyenne de celles du chlore et de l'iode. Ses affinités générales sont moins puissantes que celles du chlore et plus puissantes que celles de l'iode. Voici par exemple une bougie : si je la plonge dans cette éprouvette remplie de vapeur de brome, elle y brûle un instant puis s'y éteint, comme dans le gaz chlore. Le phosphore, l'arsenic, l'antimoine, le potassium, prennent feu quand ils tombent dans le brome, comme lorsqu'on les plonge dans le chlore. L'opération se fait dans des tubes bouchés par un bout. Afin d'éviter tout danger, le tube contenant le brome est fixé au milieu d'une cloche; on fait tomber dans le tube de très-petits fragments des corps à brûler.

Le brome, de même que l'iode, ne s'unit pas directemen; à l'hydrogène. Sa vapeur décompose l'eau comme le chlore. il détruit aussi les matières colorantes; mais son pouvoir décolorant est plus faible que celui du chlore, et plus fort que celui de l'iode. Le brome s'unit à un grand nombre de métaux Comme le chlore, il forme avec les sels d'argent un précipité insoluble dans l'acide nitrique, et soluble dans l'hyposulfite. Ce précipité se distingue du chlorure d'argent en ce qu'il est d'un blanc jaunâtre et peu soluble dans l'ammoniaque.

On trouve le brome dans l'eau de mer, dans la plupart des salines. L'eau de la mer Morte renferme 3 grammes environ de bromure de magnésium par mètre cube. Dans les minerais du Mexique, le bromure d'argent est associé au chlorure et à l'iodure. Les mines d'argent de Huelgoat, en Bretagne, en renferment de petites quantités. En général, ses composés se rencontrent associés à des composés correspondants du chlore et de l'iode. Les usages du brome commencent à prendre de l'extension; la photographie en consomme d'assez grandes quantités aujourd'hui. On le recommande pour le traitement du croup, de l'angine couenneuse, pour la guérison de la morsure des serpents venimeux; il paraît même combattre les effets terribles du curare. Enfin il est fréquemment employé dans les recherches de chimie organique.

#### Iode.

L'iode est solide à la température ordinaire. Son odeur rappelle celles du chlore et du brome. Sa couleur est d'un gris métallique, il ressemble à la plombagine. Ce corps cristallise en lames rhomboïdales, larges et brillantes, et souvent en octaèdres allongés. On l'obtient parfaitement cristallisé par sublimation effectuée lentement vers 50 ou 60 degrés. Mais les plus beaux cristaux s'obtiennent en abandonnant une dissolution d'acide iodhydrique au contact de l'air dans un flacon ouvert. L'hydrogène de cet acide s'unit à l'oxygène de l'air pour former de l'eau, tandis que l'iode, devenu libre, se dépose sous forme d'octaèdres allongés.

La densité de l'iode est 4,95. A 107 degrés il fond et forme un liquide brun foncé; sa tension de vapeur est tellement forte à cette température, que la majeure partie de l'iode se réduit en vapeur avant de fondre. Vers 180 degrés, il entre en ébullition, et il produit une vapeur violette d'une inten-

(1) Voy. les nos 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'*eau*), 23, 28, 31 (confér. de M. Riche, sur l'*air*), 36, 39, 41, 43, 44, 47, 48 et 49.

Digitized by Google

sité et d'une richesse incomparables. C'est cette couleur qui lui a fait donner le nom d'*iode* du mot grec ἰώδης, violet. Ce fait peut être mis en évidence de la manière suivante : on chauffe un matras bien sec, et si l'on y fait tomber une petite quantité d'iode : le matras se remplit aussitôt de ces vapeurs violettes dont nous venons de parler. La densité de cette vapeur est 8,716, ce qui donne 11,27 pour le poids du litre. Sa tension est sensible, même à froid, car si l'on recouvre par une lame d'argent, un vase contenant de l'iode, le métal jaunit ou prend une teinte violette, par suite de la formation d'une légère couche d'iodure d'argent à la surface. C'est en remarquant la rapidité avec laquelle cette pellicule est détruite par la lumière que Daguerre a été conduit à la découverte qui a illustré son nom.

L'iode est peu soluble dans l'eau qui n'en dissout qu'environ $\frac{1}{7000}$, en prenant une teinte jaune. Elle en dissout davantage quand elle contient un iodure ou de l'acide iodhydrique, et elle se colore en brun foncé. On admet qu'il se forme alors un iodure plus ioduré que l'iodure dissous dans l'eau. L'alcool, l'éther, dissolvent également l'iode en prenant une teinte brune; cette coloration est probablement due à ce que l'iode réagit, en partie au moins, sur ces corps. L'iode se dissout aussi dans la benzine, dans le chloroforme et dans le sulfure de carbone. Cette réaction est très-sensible. Il suffit d'une trace d'iode pour donner à ces liquides une coloration améthyste. Mais il est une autre réaction, bien plus sensible encore : c'est la coloration bleue intense que des traces d'iode communiquent à l'empois d'amidon ou à l'eau qui a bouilli avec de l'amidon. Une température de 70 à 80 degrés suffit pour faire disparaître cette coloration; laissons refroidir le tube et vous allez la voir reparaître, pour disparaître encore par la chaleur; chaque fois cependant, la teinte s'affaiblit, et après un certain nombre de colorations et de décolorations successives, elle cesse d'être visible. On peut, par ce moyen, déceler dans une liqueur $\frac{1}{1000000}$ d'iode. Cette coloration n'a lieu que lorsque l'iode est à l'état de liberté; si je mets de l'amidon avec une solution d'iodure de potassium, je n'aurai pas la plus légère teinte bleue, mais elle paraîtra si j'ajoute à la liqueur du chlore, du brome, de l'ozone, de l'acide azotique nitreux, etc. Il faut employer de préférence ce dernier réactif, parce qu'un excès des premiers ferait disparaître la coloration. Cette décoloration s'opère très-facilement avec du chlore. L'eau est décomposée et il se forme de l'acide chlorhydrique; l'oxygène naissant s'unit à l'iode et fournit de l'acide iodique :

$$5Cl + 5HO + I = IO^5 + 5HCl.$$

On pourrait, il est vrai, régénérer la couleur en ajoutant à la liqueur de l'acide sulfureux qui réduirait l'acide iodique :

$$IO^5 + 5SO^2 = 5SO^3 + I.$$

Mais, il y aurait à craindre d'en mettre en excès; car l'avidité de l'acide sulfureux pour l'oxygène, jointe à l'affinité de l'iode pour l'hydrogène, amèneraient encore la décomposition de l'eau et le changement de l'iode en acide iodhydrique.

$$I + SO^2 + HO = SO^3 + HI.$$

L'iode exerce sur les matières organiques une action destructive, et colore en jaune l'épiderme, le papier, etc. Cette coloration disparaît sous l'influence d'une élévation de température, si le contact n'a pas été suffisamment prolongé; sinon la matière organique est complétement détruite; l'iode se combine dans ce cas avec l'hydrogène de la substance organique, pour former de l'acide iodhydrique. L'iode en réagissant sur les autres corps se comporte, en général, comme le chlore et le brome; mais ses affinités sont plus faibles et ces deux métalloïdes le déplacent de ses combinaisons. Il détruit lentement les matières colorantes et ne décompose pas l'eau sous l'influence de la radiation solaire.

*Dosage de l'iode.* — L'iode libre et les iodures solubles précipitent en jaune par le nitrate d'argent. L'iodure formé est insoluble dans l'acide nitrique et soluble dans l'hyposulfite de soude, comme le chlorure et le bromure; mais il est tout à fait insoluble dans l'ammoniaque. L'iode précipite en jaune les sels de plomb : l'iodure obtenu se dissout dans un grand excès d'eau bouillante et précipite par le refroidissement en belles paillettes nacrées. — Il précipite aussi par les sels de mercure au maximum; l'iodure qui se forme, HgI, est d'un rouge magnifique et se redissout, soit dans un excès d'iodure, soit dans un excès de sel mercuriel. Toutefois l'iode se reconnaît et se dose toujours à l'état d'iodure d'argent. Lorsque l'iode est pur, il doit se volatiliser entièrement et ne laisser aucun résidu quand on le dissout dans la potasse ou l'alcool.

L'iode n'existe pas dans la nature à l'état de liberté; mais il y a des composés de ce corps dans l'eau de mer, dans les plantes marines, et même dans la plupart des eaux douces et des plantes aquatiques. On en a trouvé dans un grand nombre de houilles. M. Bussy a signalé sa présence dans la houille de Commentry (Allier); d'après M. Duflos, l'iode se rencontre aussi, mêlé au brome, dans la houille de Silésie. Dans le règne minéral, l'iodure d'argent est un minerai d'argent; il se rencontre isolé au Chili; au Mexique, il se trouve toujours uni au chlorure et au brome. Il constitue un des principes essentiels de certaines eaux minérales; l'eau de Saxon (Valais) contient de notables proportions d'iodures. On en a trouvé dans les fragments d'aérolithes, et M. Chatin affirme qu'il y en a même dans l'air : mais la question est encore controversée. — Les bancs énormes de nitrate de soude du Chili renferment, à l'état d'iodates et d'iodures, des quantités d'iode assez considérables pour qu'on puisse l'en retirer avec avantage. On commence par déterminer les proportions d'iodures et d'iodates que contiennent ces nitrates, puis on précipite l'iode des iodates par l'acide sulfurique :

$$IO^5 + 5SO^2 = 5SO^3 + I.$$

L'iode des iodures est ensuite précipité par le chlore.

$$Cl + KI = KCl + I.$$

La présence si fréquente de l'iode dans la nature et la faible proportion dans laquelle il s'y trouve, sont des faits de la plus haute importance, car Coindet (de Genève) a fait voir que le goître et les affections glanduleuses sont guéris par l'iode à doses minimes, et il est fort probable que si les habitants de certains pays montagneux sont fréquemment sujets au goître, c'est parce qu'on y boit de l'eau privée d'iode, provenant de la fonte des neiges.

Les usages de l'iode sont nombreux; la photographie en consomme d'énormes quantités. On s'en sert pour préparer l'iodure rouge de mercure. La médecine enfin en fait un fréquent usage; les principaux médicaments iodés sont la teinture d'iode, l'huile iodée, l'iodure d'amidon et la dissolution d'iodure de potassium dans divers véhicules. On attribue les effets de l'huile de foie de morue à l'iode qu'elle contient.

Digitized by Google

### Composés oxygénés du brome et de l'iode.

Nous avons dit que le brome et l'iode ont moins d'affinité que le chlore pour l'hydrogène et pour les métaux; il s'ensuit évidemment qu'ils doivent en avoir plus que lui pour l'oxygène. C'est en effet ce qui a lieu; l'iode et le brome forment, avec l'oxygène, moins de combinaisons que le chlore, mais l'acide bromique, et surtout l'acide iodique, sont plus stables que l'acide chlorique. Le brome forme avec l'oxygène deux combinaisons : 1° l'acide hypobromeux BrO, qui est à peine connu; 2° l'acide bromique $BrO^5$.

*Acide bromique.* — Il ressemble à l'acide chlorique; sa dissolution rougit d'abord le tournesol, puis elle le décolore. La chaleur, les acides sulfureux et phosphoreux, les hydracides, l'alcool, l'éther, le décomposent. On ne le connaît pas anhydre; quand on veut le déshydrater par l'acide sulfurique, il se détruit. On l'obtient, comme l'acide chlorique, par l'action du brome sur le potasse. Jusqu'ici, il a été impossible d'isoler l'acide perbromique, qui aurait pour formule $BrO^7$.

L'iode forme, avec l'oxygène, une série de combinaisons beaucoup plus complète que la série des composés du brome. On connaît d'une façon certaine :

| | |
|---|---|
| L'acide hypoiodique..... | $IO^4$. |
| L'acide iodique..... | $IO^5$. |
| L'acide hyperiodique..... | $IO^7$. |

*Acide iodique.* — Le plus important est l'acide iodique; il a été découvert par Davy. Ce corps existe à l'état anhydre; pour l'obtenir à cet état, on calcine les hydrates qui sont au nombre de deux : l'hydrate $IO^5,HO$ et l'hydrate $3(IO^5),HO$. Le premier de ces hydrates est le mieux connu; il est solide, cristallisable, très-soluble dans l'eau; il rougit, puis il décolore le tournesol. Il est beaucoup plus stable que l'acide chlorique et l'acide bromique, car, à 170°, il se déshydrate sans se détruire; mais vient-on à élever la température au delà de ce point, il se décompose en iode et en oxygène. — Il est réduit par les substances avides d'oxygène, notamment par l'acide sulfureux; cette propriété est même mise à profit pour reconnaître des traces de ce dernier acide. En effet, si on le verse dans une solution mixte d'iodate de potasse, celle-ci se colore en bleu; mais il faut agir avec lenteur, car si l'on mettait un excès d'acide sulfureux, elle se décolorerait.

L'acide iodique jouit de la propriété de s'unir avec un grand nombre d'acides et de former avec eux des composés cristallisables. On l'obtient de diverses manières. Un premier procédé consiste à traiter l'iode à chaud par l'acide nitrique fumant, jusqu'à ce que tout l'iode ait disparu; l'acide iodique cristallise par refroidissement. On le prépare aussi en traitant une dissolution d'iodate de potasse par de l'azotate de baryte également dissous. L'iodate de baryte étant peu soluble dans l'eau se précipite. On lave ce sel et on le décompose par une quantité convenable d'acide sulfurique étendu.

Quant à l'iodate de potasse, on pourrait l'obtenir comme le chlorate correspondant, en faisant bouillir une solution d'iode avec la potasse, mais il est préférable de chauffer dans un ballon parties égales d'iode et de chlorate de potasse avec 5 parties d'eau et quelques gouttes d'acide nitrique. L'acide azotique chasse de sa combinaison avec la potasse une petite quantité d'acide chlorique, celui-ci cède son oxygène à l'iode, et le chlore se dégage. L'acide iodique formé met en liberté une nouvelle dose d'acide chlorique, en s'emparant de la quantité de potasse nécessaire à sa saturation, et l'opération se continue ainsi jusqu'à la destruction complète du chlorate. Cette réaction est pleine d'intérêt, parce qu'elle montre d'une façon non douteuse que l'iode a plus d'affinité pour l'oxygène que le chlore. On peut même obtenir l'iodate de potasse en supprimant l'acide azotique dans l'opération précédente, ce qui prouve que l'iode décompose le chlorate de potasse lui-même et enlève l'oxygène au chlore.

*Acide hyperiodique.* — On l'obtient en dirigeant un courant de chlore dans une solution bouillante d'iodate de soude, à laquelle on a ajouté du carbonate de soude ou de la soude :

$$NaO,IO^5 + 2NaO + 2Cl = 2NaCl + NaO,IO^7.$$

Cet hyperiodate alcalin une fois obtenu sert à préparer l'acide hyperiodique par la même méthode qui nous a servi dans la préparation de l'acide iodique.

### Composés hydrogénés du brome et de l'iode.

L'étude des composés oxygénés du chlore, du brome et de l'iode nous a montré qu'ils n'avaient qu'une faible affinité pour l'oxygène, et que cette affinité allait en croissant du chlore au brome et à l'iode. Nous devons dès lors pressentir que l'hydrogène, opposé à l'oxygène par ses propriétés chimiques, sera doué d'une affinité puissante pour eux, et que cette affinité ira en décroissant du chlore au brome et à l'iode. L'expérience confirme parfaitement cette prévision, et nous donnerons une preuve du premier point en disant que chacun de ces corps ne forme, avec l'hydrogène, qu'un seul composé. Ces substances sont des hydracides puissants, possédant des propriétés tellement semblables, que l'étude que nous avons faite de l'acide chlorhydrique nous permettra de résumer en quelques mots l'histoire des deux autres.

L'acide bromhydrique a pour formule : $BrH = 81$, l'acide iodhydrique : $HI = 128$. Le brome et l'hydrogène, et à plus forte raison l'iode et l'hydrogène, ne s'unissent pas directement comme le chlore et l'hydrogène. Les corps poreux, tels que la mousse de platine et le charbon platiné, déterminent cette combinaison; c'est même un moyen d'obtenir facilement l'acide iodhydrique. On place du charbon platiné dans un tube de verre vert, à la partie antérieure duquel on a introduit un peu d'iode, et l'on fait arriver un courant d'hydrogène. Quand l'appareil est plein d'hydrogène, on porte le charbon au rouge et l'on chauffe à peine l'iode. Il se dégage à l'autre extrémité du tube de l'hydrogène contenant de l'acide iodhydrique, car il fume abondamment. On peut séparer ce dernier gaz en le recueillant dans l'eau. Si l'on remplace l'iode par le brome, l'action est tellement brusque au contact du charbon platiné, qu'elle s'accompagne le plus souvent d'une détonation, comme l'a fait voir M. Balard.

J'ai constaté également que, lorsqu'on fait arriver du brome et de l'hydrogène humides dans un ballon au milieu duquel jaillissent des étincelles électriques, on obtient de l'acide bromhydrique. Nous ne pouvons pas employer ici le procédé général qui nous a servi à préparer l'acide sulfhydrique et l'acide chlorhydrique, c'est-à-dire traiter les bromures et les iodures par l'acide sulfurique, parce que les acides bromhydrique et iodhydrique étant fort peu stables, cèdent leur hy-

Digitized by Google

drogène à un équivalent d'oxygène de l'acide sulfurique pour former de l'acide sulfureux et du brome ou de l'iode.

$$NaBr + SO^3,HO = NaO,SO^3 + HBr.$$
$$HBr + SO^3,HO = SO^2 + 2HO + Br.$$

Le meilleur moyen de les obtenir consiste à décomposer par l'eau le bromure et l'iodure de phosphore; la réaction est la suivante :

$$PhBr^3 + 3HO = PhO^3 + 3HBr.$$
$$PhI^3 + 3HO = PhO^3 + 3HI.$$

L'opération, qui présentait autrefois de grandes difficultés et même un certain danger, est devenue une opération facile et commode, grâce aux perfectionnements apportés par M. Personne,

L'appareil se compose d'une cornue de verre d'un demi-litre à un litre; cette cornue est munie d'un tube abducteur portant un renflement et d'une tubulure fermée par un bouchon à l'émeri, s'il s'agit d'acide iodhydrique.

Quand on prépare l'acide bromhydrique, on dispose dans cette tubulure un tube à entonnoir à pointe effilée. On place dans la cornue 20 à 30 grammes de phosphore rouge, on les délaye dans un peu d'eau et l'on fait arriver peu à peu du brome; il se forme du bromure de phosphore $PhBr^3$ que l'eau détruit à l'instant même. L'acide bromhydrique ne se dégage pas aussitôt, parce qu'il commence par saturer l'eau de la cornue; c'est pourquoi l'on ne doit mettre qu'une petite quantité de ce liquide. On chauffe légèrement : il se produit un gaz très-fumant qu'on recueille dans des flacons secs et pleins d'air, parce qu'il attaque le mercure, ou bien on le dirige dans de l'eau si l'on n'a besoin que d'une solution : comme cet acide est très-soluble, l'eau remonte de temps en temps dans le tube abducteur; on évitera toute chance d'absorption en faisant plonger très-peu l'extrémité de ce tube dans l'eau; celle-ci se logera dans le renflement sans pénétrer dans la cornue.

L'opération est la même avec l'acide iodhydrique; elle est même plus facile, car il suffit de jeter l'iode sur le phosphore rouge délayé dans l'eau. En pharmacie, on a recours à un procédé plus simple pour la préparation de la solution d'acide iodhydrique. On met de l'iode en suspension dans l'eau et l'on y dirige un courant d'acide sulfhydrique, tant qu'il reste de l'iode à dissoudre. Le soufre est chassé par l'iode de sa combinaison et se précipite sous forme de flocons blanc, jaunâtre très-ténus :

$$HS + I = HI + S.$$

On filtre pour séparer le soufre et l'on porte la liqueur à 60 ou 80 degrés pour chasser l'acide sulfhydrique en excès.

Ces deux acides ont les plus grands traits de ressemblance, soit entre eux, soit avec l'acide chlorhydrique. On peut dire, d'une façon générale, que toutes les propriétés de l'acide bromhydrique sont intermédiaires entre celles de l'acide chlorhydrique et celles de l'acide iodhydrique.

| | |
|---|---|
| La densité de l'acide chlorhydrique est..... | 1,247 |
| Celle de l'acide bromhydrique est..... | 2,798 |
| Celle de l'acide iodhydrique est..... | 4,440 |

Leur solubilité est très-grande; elle va croissant du composé chloré au composé iodé, et l'eau forme avec eux des hydrates. L'acide chlorhydrique se liquéfie vers — 80 degrés et n'a pas été solidifié; l'acide bromhydrique se liquéfie vers — 60 degrés et se solidifie vers — 92 degrés; l'acide iodhydrique se liquéfie vers — 40 degrés et se solidifie vers — 50 degrés. Leur acidité est extrêmement considérable, mais, en général, les affinités chimiques vont en décroissant à partir de l'acide chlorhydrique. La solution d'acide chlorhydrique se conserve sans altération à l'air; l'acide bromhydrique dissous se colore légèrement par un peu de brome mis en liberté; mais la solution d'acide iodhydrique noircit rapidement et dépose l'iode

$$HI + O = HO + I.$$

On la décolore en régénérant l'acide iodhydrique au moyen d'un courant d'acide sulfhydrique. Le gaz chlorhydrique est sans action sur le mercure, le gaz bromhydrique l'attaque à la longue, et l'acide iodhydrique réagit sur ce métal avec une telle rapidité qu'on ne peut pas le préparer sur la cuve à mercure. Cette différence est encore plus saillante pour l'argent, comme l'a fait voir récemment M. H. Sainte-Claire-Deville. L'acide bromhydrique et l'acide iodhydrique présentent la même composition que l'acide chlorhydrique. Ils s'unissent à volumes égaux avec le gaz ammoniac pour donner des sels isomorphes avec le chlorhydrate d'ammoniaque. Leurs formules HBr,HI représentent 4 volumes de vapeur.

### Chlorures de soufre.

Le soufre se combine directement avec le chlore. Jusqu'à ces derniers temps, on admettait l'existence de deux composés de cet ordre. Le premier est un liquide jaune, assez stable, bouillant à 138 degrés sans se décomposer : on le nomme *sous-chlorure* de soufre et on le représente par la formule $ClS^2$. Le second est un liquide rouge brun, très-instable, appelé *protochlorure* de soufre, et qui a pour formule ClS. Mais comme ce composé se détruit à la distillation, en dégageant du chlore, jusqu'à ce qu'il soit changé en sous-chlorure, on doit le rayer de la liste des composés définis. Selon M. Carius, qui s'est récemment occupé de l'étude de ces chlorures, il faut l'envisager comme un mélange de sous-chlorure $ClS^2$ avec un chlorure plus élevé, $Cl^2S$, correspondant à l'acide sulfureux. Toutefois, ce dernier chlorure étant facilement décomposable par la chaleur n'a pas encore été isolé.

En résumé, on ne connaît d'une façon bien certaine que le chlorure $ClS^2$ qui bout à 138 degrés. Sa densité est 1,687, et la densité de sa vapeur 4,668. — L'eau le décompose en soufre et en un mélange d'acides chlorhydrique, sulfureux et sulfurique qui reste dissous.

| | |
|---|---|
| Si l'on ajoute à la densité du chlore..... | 2,440 |
| la densité du soufre..... | 2,220 |
| On obtient le nombre..... | 4,660 |

qui se rapproche beaucoup de la densité expérimentale de ce corps. Il suit de là que 2 volumes de ce composé renferment 1 volume de chlore et 1 volume de soufre, et la formule $ClS^2$ représente 2 volumes de vapeur.

On obtient ce corps en chauffant du soufre vers 110 degrés dans une cornue tubulée, à travers laquelle on dirige un courant de chlore très-lent, pour ne pas produire les composés chlorés supérieurs. Le chlorure formé vient se condenser dans un récipient de verre refroidi dans une terrine pleine d'eau. Pour se débarrasser de l'excès de soufre que contient toujours le chlorure, on redistille le produit obtenu et l'on ne recueille que le liquide bouillant vers 138 degrés. Ce chlorure est utilisé pour la sulfuration du caoutchouc, c'est-à-dire pour la production du caoutchouc *vulcanisé*. Le soufre communique en effet au caoutchouc la propriété de ne devenir ni visqueux pendant les chaleurs, ni rigide pendant les froids.

Digitized by Google

### Chlorure d'azote.

Le chlorure d'azote a pour formule $AzCl^3$; il a été découvert, en 1812, par Dulong. — Nous avons déjà signalé sa production dans l'action du chlore en excès sur l'ammoniaque. On l'obtient d'une façon régulière toutes les fois qu'on fait agir le chlore sur une dissolution d'un sel ammoniacal. On emploie généralement le sel ammoniac.

$$AzH^3HCl + Cl^6 = 4HCl + AzCl^6.$$

On prépare ce corps sans danger en introduisant une dissolution saturée de sel marin dans un entonnoir dont l'extrémité plonge dans une capsule contenant du mercure. On verse avec précaution la dissolution de ce chlorhydrate d'ammoniaque de manière qu'elle se tienne au-dessus du sel marin, et l'on y fait arriver lentement du chlore. Il se forme bientôt des gouttes huileuses de chlorure d'azote qui tombent au fond de l'entonnoir et qui se trouvent entourées d'une dissolution de sel marin. Le sel marin est employé afin de soustraire le chlorure d'azote à l'action décomposante du chlorhydrate d'ammoniaque. Pour retirer le chlorure d'azote, on enlève l'entonnoir, en bouchant son extrémité avec le doigt. On fait tomber le chlorure d'azote dans un vase de verre assez mince pour que les éclats soient sans danger pour l'opérateur en cas d'explosion. On en prépare, rapidement et sans danger, quelques gouttes, en tenant pendant quelques minutes un petit fragment de phosphate d'ammoniaque suspendu dans une solution d'acide hypochloreux.

Ainsi obtenu, le chlorure d'azote se présente sous la forme d'un liquide jaune, insoluble dans l'eau, plus lourd que ce liquide, d'une odeur piquante. Soumis à un froid considérable, il ne se solidifie pas; on peut le distiller à la température de 71 degrés sans qu'il s'altère; vers 93 degrés, il entre en ébullition d'une manière très-vive et semble produire une effervescence; entre 96 et 100 degrés, il détone violemment le plus souvent avec production de lumière.

La facilité avec laquelle le chlorure d'azote détone rend ce corps un des plus dangereux que l'on connaisse, aussi ne doit-on le préparer qu'en prenant les plus grandes précautions. — Dulong et plusieurs autres chimistes ont été blessés en étudiant ses propriétés. Pour démontrer la force explosive du chlorure d'azote, il suffit d'en verser une goutte sur un morceau de papier que l'on chauffe légèrement; il se produit aussitôt une explosion aussi forte que celle d'un coup de fusil. Le simple contact du phosphore, des essences, des huiles fixes, le détruit avec explosion. Il possède un pouvoir brisant tellement considérable, que le tube où il est renfermé, sous une couche d'eau, éclate et se brise en menus fragments, ainsi que la soucoupe ou le verre dans lesquels ce tube repose.

### Iodure d'azote.

L'iodure d'azote est noir, solide, très-détonant; toutefois il perd cette propriété quand il se trouve en présence d'un excès d'ammoniaque. Il se décompose avec explosion quand on le frotte, même sous l'eau. Quand il est sec, il est presque intangible. Le choc si faible qui se produit, quand on le fait tomber à la surface de l'eau ou quand on le touche avec une barbe de plume, suffit pour le faire détoner violemment. Une légère vibration, une température peu élevée déterminent sa décomposition. Ce corps est encore plus dangereux à manier que le chlorure d'azote; aussi n'en faut-il préparer que de très-petites quantités à la fois.

On prépare généralement l'iodure d'azote en versant de l'ammoniaque sur de l'iode réduit en poudre fine et laissant les deux corps en contact pendant un quart d'heure environ. L'iode est transformé en une poudre noire qu'on lave avec soin et qu'on fait sécher sur un filtre. Cette préparation ne doit être faite que sur de très-petites quantités; quand l'iodure d'azote est encore humide, on le fractionne sur différents papiers, pour rendre sa détonation moins dangereuse. Chaque papier ne doit contenir que 1 ou 2 centigrammes d'iodure d'azote.

Le nom d'iodure d'azote, donné à cette substance, est très-impropre, car elle contient de l'hydrogène; mais sa composition n'est pas parfaitement déterminée. M. Bineau la représente par la formule $AzHI^2$, et M. Bunsen lui attribue la formule $Az^2H^3I^3$. On peut la considérer, dans tous les cas, comme de l'ammoniaque dans laquelle une portion de l'hydrogène a été remplacée par de l'iode à équivalents égaux.

### Fluor.

Il existe dans la nature un minéral appelé *spath fluor*, de teintes souvent très-vives et très-variées et qui sert comme fondant. Lorsqu'on traite ce minéral par l'acide sulfurique, il fournit un acide fumant et très-énergique. Cet acide réagit sur les métaux et les oxydes métalliques pour donner naissance à des composés analogues aux chlorures, bromures, iodures. Ampère, frappé de ces ressemblances, en conclut que le spath fluor renfermait un métalloïde analogue au chlore, et il le nomma *phthore*, parce qu'il détruit les vases dans lesquels on cherche à l'isoler. Les chimistes admettent l'existence de ce radical, mais le nom de *fluor* a prévalu. Des expériences nombreuses, dont l'étude nous entraînerait trop loin, et parmi lesquelles nous signalerons celles de M. Fremy, semblent montrer que ce radical a été isolé, mais que son étude est impossible faute de vases convenables pour le conserver, même pendant un temps très-court.

Scheele avait bien reconnu que le spath fluor, au contact de l'huile de vitriol, dégage une vapeur qui corrode le verre. Gay-Lussac et Thenard substituèrent au verre des métaux peu oxydables, le plomb, le platine, et ils obtinrent de l'acide fluorhydrique. Comme à cette époque on attribuait l'acidité des corps à l'oxygène, comme d'ailleurs on trouvait, dans ce composé, de l'oxygène provenant de l'eau qu'il renfermait, on lui donna le nom d'*acide fluorique*, et l'on en conclut que le spath fluor était du *fluate de chaux*. Aujourd'hui, cette hypothèse n'est plus admise, et l'on considère le spath fluor comme du fluorure de calcium CaFl, et l'acide qu'on en retire comme un hydracide HFl. Ajoutons toutefois que les réactions s'expliquent tout aussi facilement dans l'hypothèse où le spath fluor est considéré comme du fluate de chaux CaO,FlO, et l'acide comme l'oxacide correspondant HO,FlO. Par exemple, quand on traite le spath fluor par l'acide sulfurique, il se dégage un gaz acide dont la formation peut s'interpréter également bien dans l'une et l'autre hypothèse :

1re hypothèse. $CaO,FlO + SO^3,HO = CaO,SO^3 + FlO,HO.$
2e hypothèse. $CaFl + SO^3,HO = CaO,SO^3 + HFl.$

L'acide fluorhydrique, traité par le potassium, donne de

Digitized by Google

l'hydrogène; mais cette production s'explique dans un cas comme dans l'autre.

$$HO,FlO + K = KO,FlO + H.$$
$$HFl + K = KFl + H.$$

D'autre part, on sait seulement qu'il y a dans le spath fluor 20 de calcium pour 19 de matières étrangères; or, cette matière étrangère peut être formée tout aussi bien d'oxygène et de fluor, de manière à former de l'acide fluorique, que de fluor purement et simplement. Toutefois, comme l'hydrogène et le carbone n'attaquent aucun fluorure, il est probable que ces composés ne renferment pas d'oxygène. Autrement, on obtiendrait un peu d'oxyde de carbone et d'eau. C'est donc une présomption en faveur de l'hypothèse admise aujourd'hui, que le spath fluor ne contient pas d'oxygène.

### Acide fluorhydrique.

L'acide fluorhydrique a été préparé pour la première fois par MM. Gay-Lussac et Thenard, en 1810. On l'obtient en traitant le spath fluor, préalablement calciné et réduit en poudre très-fine, par l'acide sulfurique monohydraté.

$$CaFl + SO^3,HO = CaO,SO^3 + HFl.$$

L'opération ne peut être faite dans une cornue de verre qui serait attaquée par l'acide fluorhydrique. On emploie d'ordinaire un appareil distillatoire de plomb, qui se compose d'une cornue pouvant se démonter en deux parties, une capsule et un dôme s'emboîtant l'un dans l'autre aussi exactement que possible. On introduit dans la capsule le spath fluor et l'acide sulfurique. On recouvre la cornue de son chapiteau en fermant la jointure au moyen d'un lut gras ou d'un lut composé de kaolin et de farine de graine de lin. Puis on adapte au col de la cornue un récipient de plomb qui plonge dans l'eau froide.

La décomposition du spath fluor a lieu vers 130 degrés, l'acide fluorhydrique se volatilise et vient se condenser dans le récipient. Dans ces derniers temps, on a substitué à la capsule de plomb une marmite de fonte qu'on peut chauffer à une température plus élevée, pour terminer la réaction.

L'acide fluorhydrique ainsi préparé est toujours hydraté. M. Fremy l'obtient anhydre par le procédé suivant : on sature exactement l'acide fluorhydrique ordinaire par la potasse, ce qui donne du fluorure de potassium, et l'on ajoute une dose d'acide fluorhydrique égale à celle déjà employée. Il se forme de magnifiques cristaux de fluorhydrate de fluorure de potassium qu'on égoutte, qu'on dessèche et qu'on distille dans une cornue de platine munie d'un récipient de platine plongeant dans un mélange réfrigérant. Il se dégage un équivalent d'acide fluorhydrique anhydre, et il reste dans la cornue le fluorure neutre de potassium.

*Propriétés.* — L'acide fluorhydrique anhydre est gazeux à la température ordinaire, liquéfiable dans un mélange de glace et de sel. Il est très-fumant, très-soluble dans l'eau avec laquelle il se combine en produisant beaucoup de chaleur.

Tel qu'on l'obtient avec l'appareil de Gay-Lussac et Thenard, il constitue un liquide incolore, très-fumant, d'une acidité et d'un pouvoir corrosif extrêmes. Une ou deux gouttes de cet acide tombant sur la main suffisent pour occasionner une brûlure très-douloureuse qui produit une ampoule à l'endroit touché, et même une inflammation générale du bras entier. Ces brûlures sont d'une guérison difficile, et si elles présentaient une surface un peu étendue, elles causeraient rapidement la mort.

Cet acide a pour densité 1,06; il bout vers 20 à 25 degrés. Si j'en laisse tomber quelques gouttes dans l'eau, il s'y dissout en faisant entendre un sifflement comparable à celui que produirait un fer rouge plongé dans ce liquide. — Les métalloïdes sont en général sans action sur l'acide fluorhydrique. Tous les métaux, excepté l'or, le platine, l'argent et le plomb, le décomposent, s'emparent du fluor et mettent l'hydrogène en liberté. On tire partie de cette propriété pour le conserver à l'abri de l'air humide dans des bouteilles d'argent. On se sert aussi de vases de plomb et de gutta-percha.

Une des propriétés les plus importantes de l'acide fluorhydrique est celle qui s'observe dès qu'il est contact avec la silice libre ou combinée. A la température ordinaire, il attaque la silice pour former du fluorure de silicium.

$$3HFl + SiO^3 = 3HO + SiFl^3.$$

Le fluorure de silicium formé, se trouvant en présence de l'eau est détruit à son tour et forme un acide particulier, l'acide hydrofluosilicique, qui reste en dissolution. C'est sur cette réaction qu'est fondée la gravure sur verre par l'acide fluorhydrique. A cet effet, on recouvre le verre d'une couche très-mince de vernis à graveur, ou d'un mélange fondu de 3 parties de cire et de 1 partie d'essence de térébenthine. Quand le vernis s'est solidifié, on l'enlève avec un stylet d'acier sur tous les points où l'on veut attaquer le verre : on fait, en un mot, un dessin en mettant le verre à nu. Pour graver, on met dans une cuvette de plomb du fluorure de calcium pulvérisé et de l'acide sulfurique; on chauffe légèrement pour dégager de l'acide fluorhydrique, et l'on expose la plaque de verre pendant quatre ou cinq minutes aux vapeurs qui se forment. On enlève ensuite le vernis en le dissolvant dans l'essence de térébenthine, ou en chauffant le verre et en le frottant avec un linge. On obtient un dessin très-visible, parce que les traits sont opaques. Ils seraient transparents si l'on substituait l'acide fluorhydrique liquide à la vapeur de cet acide. On utilise souvent dans l'analyse l'action de l'acide fluorhydrique sur les substances siliceuses, pour attaquer les silicates.

*État naturel.* — Les deux minéraux fluorifères les plus abondants sont le spath fluor CaFl, et la cryolithe $3NaFl,Al^2Fl^3$. Il existe des petites quantités de fluor dans le sang, dans l'urine, dans les os, etc. On en trouve des traces dans un grand nombre d'eaux, dans l'eau de la Seine, à Paris, dans l'eau du Rhin, à Kehl; la Somme en renferme davantage; on en trouve aussi dans un grand nombre d'eaux minérales.

*Composition de l'acide fluorhydrique.* — Un premier procédé, pour déterminer cette composition, consiste à introduire, dans un creuset de platine taré, un poids connu de spath fluor bien pur, et on le chauffe à plusieurs reprises avec un excès d'acide sulfurique pour le décomposer en totalité. On pèse ensuite le creuset : de son poids on déduit le poids du sulfate de chaux. Ce mode d'opérer est d'une exécution difficile. M. Dumas a reconnu au contraire que les fluorures de sodium, de potassium, qu'on peut préparer facilement, sont faciles à transformer en sulfates, et il a employé ces sels. Le sulfate de potasse a pour formule $KO,SO^3$, ce qui conduit à 87 pour son équivalent. Or, 87 de sulfate correspond à 58 grammes de fluorure de potassium; par conséquent ces 58 grammes renferment 39 grammes de potassium et 58 — 39, ou 19 grammes

Digitized by Google

de fluor. Le nombre 19 est donc l'équivalent du fluor, et 20 ou 19 + 1 sera l'équivalent de l'acide fluorhydrique.

### Troisième famille de métalloïdes.

Il existe une troisième famille de métalloïdes composée de l'*azote*, du *phosphore*, de l'*arsenic* et de l'*antimoine*. La nécessité de connaître l'air qui intervient dans la majeure partie des réactions nous a contraints à faire l'étude de l'azote dès le début de ce cours.

### Phosphore.

Le phosphore fut découvert en 1670, par Brandt (de Hambourg), qui soumettait depuis plusieurs années les urines à des essais de tous genres. Une pareille découverte fit grande sensation, et le bruit en parvint jusqu'à Kunkel, chimiste allemand, qui envoya à Hambourg un de ses élèves, nommé Kraft, pour acheter le secret de cette merveilleuse préparation. Kraft l'acheta en effet, mais le garda pour lui. Kunkel ayant appris que cette matière avait été retirée de l'urine, finit par obtenir lui-même le phosphore. Boyle eut également connaissance de cette découverte; un de ses préparateurs vint en France, muni de ce secret, et proposa au gouvernement français de le lui vendre. Une commission de l'Académie des sciences examina la question et parvint à isoler trois onces de phosphore, après un travail long et repoussant dans lequel on évapora plusieurs muids d'urine. Les choses en étaient là, lorsqu'en 1769, Gahn et Scheele signalèrent dans les os l'existence d'une proportion considérable de phosphate de chaux et firent connaître un procédé facile pour en extraire le phosphore.

*Propriétés.* — Le phosphore ordinaire est un corps solide, incolore ou légèrement coloré en jaune, insipide, d'une odeur faiblement alliacée, très-mou, très-flexible quand il est pur; des traces de soufre le rendent cassant. Sa densité est 1,83. Il fond à 44°,2, et il bout à 290 degrés. Sa densité de vapeur est 4,32. Le phosphore récemment préparé est translucide, mais il devient peu à peu opaque de la surface au centre. Ce phénomène est dû à ce que le phosphore perd l'état vitreux et se change en une foule de petits cristaux microscopiques qui s'enchevêtrent les uns dans les autres. Le phosphore est insoluble dans l'eau, notamment soluble dans l'éther, les essences et les huiles grasses, mais son meilleur dissolvant est le sulfure de carbone. Si, dans cette solution de phosphore dans le sulfure de carbone, je plonge un morceau de papier, et si j'abandonne ce papier à l'air, le sulfure de carbonne s'évapore et laisse du phosphore très-divisé qui s'enflamme.

Le phosphore doit son nom à la propriété qu'il possède de répandre des lueurs dans l'obscurité. Cette phosphorescence n'est pas la conséquence d'une oxydation, car le phosphore luit dans le vide barométrique, dans l'hydrogène et dans l'azote; elle est nulle dans l'oxygène à la température ordinaire. Dans l'air humide, il y a en même temps oxydation, d'où résulte un mélange d'acide phosphoreux et d'acide phosphorique. La fumée et l'oxydation cessent dès que l'air contient une petite proportion de chlore, d'acide sulfhydrique, d'hydrogène bicarboné, d'éther, d'alcool, de sulfure de carbone. On serait tenté de croire que l'oxydation doit s'activer si l'on remplace l'air par de l'oxygène. Il n'en est rien cependant : le phosphore ne s'oxyde pas dans l'oxygène, à la température ordinaire, sous la pression atmosphérique; mais l'oxydation a lieu si l'on raréfie l'oxygène. Nous mettons ce flacon rempli d'oxygène en communication avec un ballon dans lequel on a fait le vide. Ouvrons le robinet, aussitôt l'oxygène se répand dans l'espace vide qui lui est offert, et le flacon perd sa transparence.

Les propriétés chimiques du phosphore sont aussi fort remarquables. Ce corps prend feu dans l'air vers 60 degrés et brûle avec une flamme très-éclairante, due à la formation d'un acide solide et fixe, l'acide phosphorique. Le choc, le frottement, déterminent souvent cette combustion à la température ordinaire, de sorte que c'est un corps très-dangereux à manier et qu'on doit toujours conserver sous l'eau. Les brûlures qu'il produit sont très-graves, parce que l'acide phosphorique étant très-soluble pénètre dans les tissus et les corrode profondément. Le mieux est d'arrêter la combustion en plongeant la partie brûlée dans l'eau, et d'ajouter à cette eau de l'ammoniaque ou un carbonate alcalin pour saturer l'acide phosphorique et arrêter ses ravages. Le phosphore est aussi très-vénéneux, et les ouvriers qui sont exposés à son action éprouvent souvent des phénomènes d'intoxication très-dangereux. On utilise cette propriété dans la confection de la pâte phosphorée, dont les rats et les souris sont très-friands. Enfin, la vapeur de phosphore agit avec une affreuse énergie sur les os du nez et en amène rapidement la carie.

Le phosphore s'unit directement au chlore, au brome, à l'iode et au soufre, souvent avec explosion. Les solutions alcalines, en réagissant sur le phosphore, donnent de l'hydrogène phosphoré ainsi qu'un hypophosphite.

$$3Ph + 2KO,HO = 2(KO,PhO) + PhH^3.$$

L'acide azotique concentré l'attaque avec la plus grande violence et détermine souvent des explosions. Avec de l'iode étendu de trois ou quatre fois son volume d'eau, la réaction marche d'une façon régulière.

On savait déjà depuis longtemps que le phosphore, abandonné à lui-même dans l'eau, se colorait peu à peu, et que la lumière n'était pas étrangère à la production du phénomène. On avait également constaté que cette substance se formait dans un grand nombre de réactions chimiques, et notamment dans la combustion imparfaite du phosphore. Mais on n'avait attaché aucune importance à ces faits, lorsqu'en 1846, M. Schroeter (de Vienne) reprit l'étude ces composés et démontra que la substance rouge était une modification allotropique du phosphore. Cette modification, lente sous l'action de la lumière, s'opère rapidement sous l'influence de la chaleur, vers 240 degrés, que l'on opère dans le vide ou dans un gaz inerte, tel que l'azote.

Aujourd'hui, cette substance se prépare en grand pour la fabrication des allumettes, par MM. Coignet (de Lyon). L'appareil se compose d'un vase de fonte, contenant environ 200 kilogrammes de phosphore. Ce vase est placé dans un bain de sable qui repose lui-même dans un troisième cylindre de fonte, contenant un alliage à poids égaux de plomb et d'étain; un thermomètre est placé dans chacun de ces bains, de telle sorte que l'on peut régler parfaitement la température. On introduit le phosphore dans le vase intérieur, que l'on ferme ensuite avec un couvercle maintenu au moyen d'un étrier et d'une vis de pression. Ce couvercle est percé d'une petite ouverture dans laquelle s'engage un tube de cuivre recourbé et plongeant dans un vase renfermant du mercure. Ce tube porte un robinet destiné à intercepter la

Digitized by Google

communication entre le mercure et le vase de fonte à la fin de l'opération, pour éviter l'absorption du mercure pendant le refroidissement. On chauffe très-lentement pour chasser l'eau dont le phosphore est imbibé, et l'air qui est dans l'appareil, et l'on élève la température jusqu'à ce qu'il se produise des vapeurs, qui s'enflamment en traversant le mercure. On entretient la température existante tant que ces gaz se dégagent; quand ils cessent, on chauffe vers 220 à 240 degrés pendant dix jours. On laisse ensuite refroidir l'appareil, on le débouche et l'on détache le phosphore que l'on broie dans de l'eau, puis on le tamise. La poudre obtenue est lavée, à plusieurs reprises, avec du sulfure de carbone, puis avec une solution de soude caustique, pour dissoudre et détruire une certaine quantité de phosphore ordinaire non transformé. En dernier lieu, on lave à grande eau et l'on sèche.

Voici un tableau qui résume comparativement les caractères des deux modifications du phosphore :

| *Phosphore ordinaire, incolore.* | *Phosphore rouge, modifié par la chaleur.* |
|---|---|
| Très-soluble dans le sulfure de carbone. | Insoluble dans ce liquide. |
| Cristallisé dans le 1er système. | Amorphe. |
| Densité, 1,83. | Densité, 1,96. |
| Chaleur spécifique, 0,188. | Chaleur spécifique, 0,169. |
| Odorant à l'air. | Sans odeur. |
| Phosphorescent. | Aucune lueur dans l'obscurité. |
| Fond à 44°,2. | Ne fond pas. |
| Bout à 290 degrés. | Ne bout pas. |
| S'oxyde avec rapidité dans l'air humide. | S'y oxyde très-lentement, soit directement, soit en passant d'abord à l'état de phosphore ordinaire. |
| Prend feu vers 60 degrés. | Ne prend feu qu'à 260 degrés. |
| Se combine avec explosion avec le soufre. | S'y combine lentement vers 240 degrés. |
| Est attaqué par les solutions alcalines faibles. | N'est pas attaqué par elles. |
| Est attaqué par l'acide azotique très-étendu. | N'est pas attaqué. |
| Très-vénéneux. | Sans aucune action toxique. |

La transformation du phosphore ordinaire en phosphore rouge, sous l'influence de la chaleur, et la transformation inverse qui tend à s'opérer à la température ordinaire, semblent montrer que ces deux états du phosphre tiennent à une quantité de chaleur latente différente, comme les divers états du soufre. M. Berthelot, s'appuyant en outre sur la solubilité de la première variété de phosphore dans le sulfure de carbone, comparée à l'insolubilité de la seconde, a émis l'idée que le phosphore amorphe était analogue au soufre amorphe, et le phosphore ordinaire au soufre cristallisable.

L'équivalent du phosphore a été déterminé de diverses manières, soit en brûlant du phosphore rouge dans l'oxygène Schroeter), soit en décomposant par l'eau le protochlorure de phosphore, et en dosant le chlore à l'état de chlorure d'argent (MM. Pelouze et Dumas). — On a trouvé ainsi le nombre 31. Cet équivalent ne représente que 1 volume de vapeur, tandis que celui de l'azote représente 2 volumes. C'est là une anomalie que je dois signaler et que les autres familles de métalloïdes ne nous ont pas présentée.

Le phosphore est très-répandu dans le règne minéral à l'état de phosphates, et notamment de phosphate de chaux. Ce phosphate de chaux étant soluble dans les acides, pénètre dans les végétaux à la faveur de l'acide carbonique dissous dans les eaux. Aussi un bon engrais doit contenir, outre l'azote, une certaine quantité de phosphate; c'est ce qui fait la supériorité du guano et des os sur les autres engrais. Ces phosphates pénètrent dans les animaux au moyen de l'eau et des aliments. Les nerfs, les matières albuminoïdes, la substance cérébrale, contiennent du phosphore. La partie minérale des os représente 66 pour 100 du poids de ces os, et cette partie minérale contient 80 pour 100 de phosphate de chaux.

C'est donc des os que nous allons extraire le phosphore; on commence par se débarrasser de la partie organique en la soumettant à la calcination à l'air, ce qui fournit une masse blanche renfermant 80 pour 100 de phosphate de chaux, 15 à 17 pour 100 de carbonate de chaux, et 2 à 3 pour 100 de terre. On pulvérise, on tamise ces os, puis on les traite par l'acide sulfurique. Dans les arts, on emploie de grandes cuves de bois doublées de plomb; on y introduit 100 litres d'eau et 20 litres d'acide sulfurique à 52 degrés, puis on y délaye peu à peu 80 kilogrammes de poudre d'os. — Il se produit un dégagement de gaz dû à la destruction du carbonate de chaux. L'acide phosphorique n'est pas chassé de la combinaison avec la chaux, mais il cède une partie de cette base à l'acide sulfurique, d'où résulte du sulfate de chaux et un phosphate de chaux qui, au lieu de renfermer trois équivalents de chaux n'en renferme plus qu'un seul. C'est en raison de cette soustraction de deux équivalents de base qu'on a appelé le premier de ces sels le phosphate *basique* de chaux, et le second le phosphate *acide* de chaux; mais disons de suite que si le phosphate primitif $3CaO,PhO^5$ a perdu deux équivalents de de chaux, il a gagné deux équivalents d'eau, et qu'en définitive, le sel obtenu n'est ni plus ni moins basique que le premier, sa formule rationnelle serait donc :

$$(CaO,2HO),PhO^5.$$

comparable à celle du premier :

$$(3CaO)PhO^5.$$

Voici du reste l'ensemble de la réaction :

$$CaO,CO^2 + 3(CaO)PhO^5 + 8(SO^3,HO) = 3(CaO,SO^3) + (CaO,2HO),PhO^5 + CO^2 + HO.$$

Le sulfate de chaux se dépose, le phosphate reste en dissolution. Au bout de vingt-quatre heures de contact, on décante, on lève le plâtre et l'on évapore la liqueur dans des chaudières de plomb. Quand elle est devenue sirupeuse, on la décante dans une bassine de fonte, on y ajoute 20 pour 100 de son poids de poussière de charbon et l'on calcine le mélange au rouge sombre pour chasser l'eau. Puis on l'introduit dans des cornues de terre réfractaire, au nombre de huit ou dix, sur deux rangs, dans un même fourneau. Le col de chaque cornue est fixé dans une allonge de cuivre, qui pénètre elle-même dans un récipient de même métal contenant de l'eau jusqu'à la hauteur où arrive l'allonge, et muni d'un orifice servant de trop-plein. La paroi supérieure du récipient porte également un tube étroit, par où s'échappent les gaz, et une large ouverture pour enlever le phosphore condensé. On chauffe lentement et l'on porte la cornue au rouge; sous l'influence de la chaleur, l'acide phosphorique est réduit par le charbon et le phosphore distille; toutefois un tiers de l'acide phosphorique échappe à la réaction

$$3(CaO,2HO,PhO^5) + 10C = 3(CaO)PhO^5 + 10CO + + 6HO + 2Ph.$$

Le phosphore retiré du récipient est coloré et mêlé à de substances étrangères. On le purifie en le filtrant dans une caisse pleine d'eau chaude, à travers une couche de noir animal, puis à travers une peau de chamois.

Digitized by Google

Pour obtenir le phosphore sous forme de bâtons, on le fond dans l'eau et l'on aspire dans un tube de verre légèrement conique. On bouche alors avec le doigt l'ouverture inférieure du tube, et on le plonge dans l'eau froide; le phosphore se solidifie aussitôt et se détache par un léger choc. Quand on veut avoir du phosphore tout à fait pur, on le distille dans un courant d'hydrogène.

*Usages du phosphore.* — Le phosphore est employé aujourd'hui presque entièrement à la fabrication des allumettes. La France en produit annuellement environ 60,000 kilogrammes et en consomme à peu près 36,000 kilogrammes. Ce corps, qui valait il y a un siècle plus que son poids d'or, coûte aujourd'hui 7 à 8 francs le kilogramme. Les pâtes que l'on emploie à la fabrication des allumettes ont la composition suivante :

| *Pâte à la colle.* | | *Pâte à la gomme.* | |
|---|---|---|---|
| Phosphore | 2,5 | Phosphore | 2,5 |
| Colle forte | 2,0 | Gomme | 2,5 |
| Eau | 4,6 | Eau | 3,0 |
| Sable fin | 2,0 | Sable fin | 2,0 |
| Ocre rouge | 0,5 | Ocre rouge | 0,5 |
| Vermillon | 0,1 | Vermillon | 0,1 |

On commence par fondre la colle ou la gomme dans une chaudière de cuivre, chauffée au bain-marie. Quand la dissolution est à une température voisine de 10 degrés, on y jette le phosphore, qui fond de suite. On agite, afin d'émulsionner le phosphore, puis on incorpore les autres matières, en tenant le vase à une température de 35 degrés environ. Cela fait, on étale la masse à l'aide d'une règle, dans une auge de cuivre à fond plat, peu profonde; on plonge le bout des allumettes dans la pâte, puis on les dessèche dans un séchoir chauffé par de la vapeur d'eau ou par de l'eau bouillante circulant dans des tuyaux. Les allumettes chimiques contiennent du soufre à leur extrémité, pour favoriser la combustion du bois. C'est à ce soufre qu'elles doivent l'odeur désagréable et suffocante qu'elles produisent en brûlant. On commence à en fabriquer aujourd'hui, dans lesquelles on remplace le soufre par l'acide stéarique. Ce corps gras brûle en dégageant de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, mais comme il n'est pas assez combustible, on y ajoute un peu de chlorate de potasse.

Outre les inconvénients que présente l'emploi des allumettes ordinaires, leur fabrication est des plus dangereuses; en effet, les ouvriers qui sont exposés sans cesse aux vapeurs du phosphore, éprouvent souvent une carie et une nécrose complète de l'os maxillaire supérieur. On évite ces inconvénients par l'emploi du phosphore amorphe, qui est beaucoup moins combustible et nullement vénéneux. L'allumette soufrée est plongée dans un mélange de :

| | |
|---|---|
| Chlorate de potasse | 6 |
| Sulfure d'antimoine | 3 |
| Colle forte | 1 |

L'inflammation n'a lieu que si l'on frotte l'allumette sur un morceau de bois ou de carton recouvert d'un mélange de :

| | |
|---|---|
| Phosphate amorphe | 10 |
| Peroxyde de manganèse | 8 |
| Verre pilé | 10 |
| Colle | 10 |

Ces allumettes sont rendues obligatoires en France, dans tous les établissements dépendant du ministère de la guerre; elles commencent à se répandre chez les particuliers; mais la routine, leur prix un peu plus élevé, l'ennui de recourir à la plaque de phosphore rouge, retardent et retarderont longtemps encore probablement, la généralisation de leur emploi. cependant on fabrique déjà annuellement, en France, plus de 2000 kilogrammes de phosphore rouge.

Citons enfin, pour terminer, des allumettes sans phosphore inventées par M. Canouil, qui sont formées par une pâte contenant du chlorate de potasse et du sulfure d'antimoine. Elles prennent feu quand on les frotte sur un carton imprégné de ce même mélange. Le sulfure d'antimoine, soumis à un choc un peu brusque, en présence d'un corps très-oxygéné, comme le chlorate de potasse, subit une combustion vive d'où résulte l'inflammation des allumettes. C'est sur ce principe que repose leur préparation.

### Composés oxygénés du phosphore.

Le phosphore forme, avec l'oxygène, trois composés définis : 1° l'acide phosphorique $PhO^5$, qui prend naissance quand le phosphore brûle dans l'oxygène ou dans l'air; 2° l'acide phosphoreux $PhO^3$, qui s'obtient mélangé au précédent, quand le phosphore est abandonné dans l'air humide; 3° l'acide hypophosphoreux PhO, qu'on prépare par l'action du phosphore sur les alcalis hydratés.

ED. ANTELME, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

---


LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

LAUGEL (AUGUSTE). LES ÉTATS-UNIS PENDANT LA GUERRE (1861-1865) 1 vol. in-18 de 360 pages faisant partie de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine.* 3 fr. 50

MOLESCHOTT (JAC.). LA CIRCULATION DE LA VIE, lettres sur la physiologie en réponse aux lettres sur la chimie de Liebig, traduit de l'allemand, avec autorisation de l'auteur, par le docteur E. CAZELLES, ancien interne des hôpitaux de Paris. 2 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 5 fr.

BEAUQUIER (CHARLES). PHILOSOPHIE DE LA MUSIQUE. 1 vol. in-18 faisant partie de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

MANUEL DE PATHOLOGIE ET DE CLINIQUE MÉDICALES, par M. le professeur AMBR. TARDIEU, doyen de la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie impériale de médecine. 3e édition, très-augmentée. 7 fr.

PHILOSOPHIE DE LA NATURE DE HÉGEL, traduite pour la première fois en français, avec une introduction et un commentaire perpétuel, par M. A. VÉRA, professeur de philosophie à l'Université de Naples, t. III. 1 vol. in-8. 8 fr. 50

Prix de l'ouvrage complet en 3 vol. 25 fr.


---

La *Revue des cours littéraires* publie aujourd'hui le meeting tenu à la salle Herz, sous la présidence de M. Laboulaye, en faveur des esclaves nègres affranchis des États-Unis. On y trouvera *in extenso* les discours prononcés par MM. Laboulaye, E. de Pressensé, Sunderland, Leigh, Athanase Coquerel fils, Rosseuw Saint-Hilaire, Th. Monod, Crémieux.

---


*Le propriétaire-gérant :* GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.


Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 51. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 18 NOVEMBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE. — **Physique végétale.** — Cours de **M. Georges Ville** : La germination.

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS. — **Physiologie générale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : Les liquides nourriciers. — Le sang ; sa constitution et sa coloration.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : Les acides du phosphore et les phosphures d'hydrogène.

Paris, 17 novembre 1865.

Parmi les communications présentées à l'Académie des sciences dans les deux dernières séances, nous signalerons les suivantes :

Un mémoire de M. Marey sur les battements du cœur dans la série animale, étudiés au moyen de l'appareil cardiographique dont il est l'inventeur.

Un travail de M. Becquerel sur les orages du département du Loiret et du Loir-et-Cher. En étudiant la direction des orages, M. Becquerel constate que les orages à grêle tendent à se diriger sur les vallées et les cours d'eau, et il indique deux explications possibles de cette action préservatrice des forêts. D'abord l'obstacle opposé par les arbres aux courants aériens occasionnerait dans l'atmosphère des remous qui arrêteraient les orages à grêle avant qu'ils arrivent jusqu'à la forêt, et provoquerait ainsi leur décharge. Puis, en admettant avec la plupart des météorologistes que l'électricité intervient dans la formation de la grêle, on pourrait considérer les arbres comme des paratonnerres, ainsi que l'a fait M. Chevreul. Ce travail donne lieu à diverses observations de MM. Boussingault et Pouillet.

Une note de M. Baudrimont sur le phosphore blanc, qu'il considère simplement comme du phosphore ordinaire à un état de division très-ténue.

Un travail de M. Caillettet sur le gaz qui se dégage de la fonte et de l'acier en fusion. — Enfin un projet d'assainissement des ports et bassins de Marseille, présenté par M. Armand (de la Drôme). E. A.

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

### PHYSIQUE VÉGÉTALE (1).

COURS DE M. GEORGES VILLE.

VIII.

**La germination.**

Vous savez tous qu'on appelle germination le premier acte de la vie végétale. J'ai déjà eu plusieurs fois l'occasion de vous parler des changements considérables que la composition de la graine subit pendant cette période de la végétation. Vous savez que par l'action combinée de l'humidité et de l'oxygène de l'air, les matières albuminoïdes et hydrocarbonées contenues dans la graine deviennent solubles par un effet de fermentation dont le caractère vous est connu. Il résulte de là que l'embryon peut absorber, dans la graine même ainsi modifiée, tous les éléments qui doivent concourir à son développement.

A la suite de cette absorption, l'embryon prend son essor : un végétal lui succède, pourvu de racines et de feuilles et capable désormais de vivre aux dépens de l'atmosphère et du sol. Là se termine la germination, tandis que la période foliacée commence. L'apparition des premières feuilles marque la fin de la germination, l'apparition de la radicule en atteste, au contraire, le commencement. Il existe cependant des

(1) Voy. les nos 32, 36, 38, 39, 44, 46 et 48.



Digitized by Google

graines dont la radicule se montre au dehors par un simple effet d'imbibition. Tels sont, par exemple, les grains de café dont la radicule sort des téguments lorsqu'on les plonge dans l'eau, bien qu'en réalité elles ne germent pas. La preuve qu'il n'y a pas germination véritable, c'est que les graines de café présentent ce caractère, même lorsqu'on les fait tremper dans des liquides qui empêchent la germination, tels que l'eau bouillante, le vinaigre et plusieurs dissolutions salines saturées. Dans ce cas, la radicule se gonfle sans éprouver d'accroissement réel. Sa sortie est due uniquement à la pression exercée sur l'embryon par suite de la tuméfaction des autres parties de la graine.

Pour que les graines germent, il faut la réunion de trois conditions :

1° Un milieu humide;

2° L'action de l'air;

3° Un certain degré de chaleur.

Ces trois conditions sont également nécessaires.

L'utilité d'un milieu humide est évidente, puisque les graines sèches se conservent indéfiniment et qu'il suffit, dans la plupart des cas, de les placer entre deux éponges mouillées pour les faire germer.

Le contact de l'air n'est pas moins indispensable, car les graines ne germent pas dans le vide, ainsi que l'ont observé les premiers : Homberg, Boerhaave et les académiciens del Cimento. Mais l'air étant formé de deux gaz, l'azote et l'oxygène, il est naturel de se demander lequel de ces deux gaz sert à la germination.

Pour résoudre cette question, Lefébure essaya de faire germer des graines de raves dans des mélanges d'azote et d'oxygène où l'oxygène était en proportions de plus en plus faibles. Il constata qu'avec un huitième d'oxygène, la germination marchait aussi vite que dans l'air ordinaire. La proportion d'oxygène étant réduite à un seizième, les résultats étaient encore les mêmes, mais lorsqu'elle descendait à un trente-deuxième, certaines graines refusaient de germer, et celles qui levaient exigeaient beaucoup plus de temps que dans l'air ordinaire. Théodore de Saussure reconnut à son tour que la germination marche un peu plus vite dans l'oxygène pur que dans l'air commun. Il est donc certain que l'oxygène concourt à la production du phénomène, mais alors on est conduit à se demander quel est le rôle de ce gaz?

Ce que l'on sait sur ce point d'une manière certaine, c'est que l'oxygène est absorbé par les graines, et que pendant tout le cours de la germination, elles dégagent de l'acide carbonique en volume inférieur, égal ou supérieur à celui de l'oxygène qui a été absorbé, suivant la nature des graines et suivant la période à laquelle la germination est parvenue. Les expériences par lesquelles on peut établir la vérité de cette proposition sont délicates et réclament quelques précautions. On commence par faire tremper les graines dans l'eau pendant vingt-quatre heures. On en forme ensuite un chapelet en les enfilant sur un fil de platine, puis on les fait passer sous une éprouvette renversée sur le mercure et contenant un volume d'air déterminé. On constate ensuite les changements de volume et de composition que l'air a subis lorsque les graines ont germé et qu'on les a retirées au moyen du même fil qui avait servi à les introduire. La manœuvre facile des graines n'est pas le seul avantage de cette disposition en chapelet. Elle présente en outre l'avantage de les isoler au sein de l'atmosphère gazeuse. Si l'on se contentait d'entasser les graines à la surface du mercure, il pourrait se produire des fermentations spéciales qui dégageraient de l'acide carbonique étranger à celui qui provient de la combinaison de l'oxygène avec le carbone de la graine.

Voici quelques chiffres obtenus dans les conditions que je viens de décrire, et en arrêtant l'expérience presque au début de la germination :

| | Blé. | Haricots. | Fèves. |
|---|---|---|---|
| | cc. | cc. | cc. |
| Oxygène consommé..... | 2,42 | 8,98 | 11,91 |
| Acide carbonique produit.. | 2,47 | 9,53 | 11,27 |
| Azote absorbé ... ..... | 0,50 | 0,97 | 0,85 |

Pour le blé, il y a presque égalité entre l'oxygène absorbé et l'acide carbonique produit; pour les haricots, l'acide carbonique produit excède notablement l'oxygène absorbé, et pour les fèves, c'est au contraire l'oxygène absorbé qui est prédominant. La nature des graines exerce donc une certaine influence sur la marche du phénomène.

Mais si, au lieu d'arrêter l'expérience presque à ses débuts, on la prolonge, au contraire, jusqu'à ce que les premiers rudiments de feuilles commencent à se montrer, on voit que pour une même graine le sens du phénomène peut varier d'une période à l'autre.

Voici les résultats obtenus sur 1 gramme de graine de lupin, dont la germination a été divisée en trois périodes :

| | 1re période. | 2e période. | 3e période. |
|---|---|---|---|
| | cc. | cc. | cc. |
| Oxygène consommé..... | 3,40 | 6,57 | 10,68 |
| Acide carbonique produit.. | 4,33 | 5,88 | 8,34 |
| Azote absorbé ..... | 0,64 | 0,50 | 0,61 |

Au début de l'expérience, l'acide carbonique produit l'emporte, et plus tard, c'est au contraire l'oxygène absorbé qui prédomine.

Si, au lieu de faire germer les graines dans une atmosphère d'air, on les place dans l'oxygène pur, la germination est plus active et la quantité d'oxygène absorbée est toujours supérieure à la quantité d'acide carbonique dégagée.

Voici les résultats obtenus avec un gramme de graine de pois, dans l'oxygène et dans l'air :

| | Dans l'oxygène. | Dans l'air. |
|---|---|---|
| | cc. | cc. |
| Oxygène absorbé. ..... | 16,7 | 11,87 |
| Acide carbonique produit.. | 15,0 | 11,70 |
| Azote absorbé..... | 0,0 | 1,04 |

Vous avez sans doute remarqué, messieurs, que dans les tableaux que je viens de faire passer sous vos yeux, toutes les fois que la germination a eu lieu dans l'air ordinaire, nous avons inscrit une absorption d'azote. Théodore de Saussure, à qui la science est redevable de toutes ces expériences, avait en effet constamment observé une diminution de l'azote existant dans l'éprouvette, au début de l'expérience.

M. Boussingault, reprenant l'étude de la germination par une méthode complétement différente, a confirmé les résultats que je viens de vous exposer, et a constaté, comme Saussure, l'absorption d'une petite quantité d'azote.

Au lieu d'anlyser les gaz dans lesquels l'expérience avait eu lieu, M. Boussingault faisait germer les graines en plein air, et déterminait leur composition avant et après la germination. Il constatait ainsi les pertes ou les gains que la graine avait éprouvés, sans avoir égard à la forme sous laquelle les éléments avaient été absorbés ou perdus.

Voici les résultats auxquels ce savant est parvenu :

Digitized by Google

*Graine de trèfle.*

| | Avant la germination. | Après la germination. | Perte. | Gain. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Carbone | 1,222 | 1,154 | 0,068 | » » |
| Hydrogène | 0,144 | 0,141 | 0,003 | » » |
| Oxygène | 0,866 | 0,767 | 0,099 | » » |
| Azote | 0,173 | 0,179 | » » | 0,006 |
| Poids de la graine | 2,405 | 2,241 | 0,170 | 0,006 |

*Graine de froment.*

| | Avant la germination. | Après la germination. | Perte. | Gain. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Carbone | 1,132 | 1,111 | 0,021 | » » |
| Hydrogène | 0,141 | 0,139 | 0,002 | » » |
| Oxygène | 1,075 | 1,026 | 0,049 | » » |
| Azote | 0,083 | 0,087 | » » | 0,004 |
| Poids de la graine | 2,431 | 2,363 | 0,072 | 0,004 |

Ces expériences établissent, comme celles de de Saussure, que pendant la germination il y a toujours perte de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, et gain d'azote.

Le carbone perdu dans les expériences de M. Boussingault se trouve à l'état d'acide carbonique dans celles de Théodore de Saussure. L'hydrogène perdu explique pourquoi, dans certains cas, la quantité d'oxygène consommé excède la quantité d'acide carbonique produit; le surplus forme de l'eau avec l'hydrogène de la graine. Enfin, l'oxygène perdu explique aussi pourquoi, dans certains cas, on trouve plus d'acide carbonique produit que d'oxygène consommé, c'est que la graine a fourni elle-même une partie de l'oxygène nécessaire à la combustion du carbone et de l'hydrogène perdus. Quant à l'absorption d'azote, il est impossible de concevoir le moindre doute sur sa réalité, puisque nous la trouvons également dans les deux systèmes d'expériences.

Toutes les graines n'exigent pas, pour germer, la même quantité d'oxygène. Théodore de Saussure, qui a cherché à déterminer les proportions d'oxygène nécessaires, a vu que les légumineuses, fèves, haricots, etc., consommaient environ un centième de leur poids de ce gaz, tandis que les céréales n'en exigent qu'un millième au plus.

Pour une même espèce de graines, le volume d'oxygène nécessaire ne dépend pas du nombre de graines, mais bien de leur poids. Ainsi, vingt-trois petites féveroles n'en ont pas plus consommé que quatre grosses fèves dont le poids était égal à celui des vingt-trois précédentes. Il suit de là que les petites graines exigeant moins d'oxygène que les grosses, devraient germer à une plus grande profondeur. C'est pourtant le contraire qui a lieu, mais cela tient à une autre cause : c'est que la gemmule des petites graines est trop faible pour soulever et percer une couche de terre d'une certaine épaisseur, ce qui n'arrive pas avec les grosses.

Bien que l'utilité de l'oxygène, dans la germination, soit mise hors de doute par les expériences qui précèdent, on peut cependant se demander si d'autres gaz ne seraient pas aptes à déterminer ce phénomène ou, en d'autres termes, si l'oxygène est absolument indispensable. Huber et Senebier, qui ont fait beaucoup d'expériences sur la germination, ont reconnu que les graines de laitue ne germent pas dans l'azote. Lefébure a constaté le même fait sur les graines de rave. On peut donc dire que, d'une manière générale, l'azote est impropre à la germination. Cependant Huber et Senebier pensent qu'un certain nombre de graines font exception à cette règle, car, dans leurs expériences, les pois ont constamment germé dans l'azote. Mais ce gaz, préparé en privant l'air d'oxygène au moyen d'un mélange de soufre et de limaille de fer, pouvait retenir encore de petite quantités d'oxygène; il était donc nécessaire de vérifier le fait par une autre voie. Des graines de pois furent plongées dans de l'eau préalablement soumise à une longue ébullition et soustraite au contact de l'atmosphère. Ici encore la germination s'opérait. Concevant néanmoins quelque doute, Huber, qui avait fait germer quatre pois dans une première expérience, en fit une seconde dans laquelle il mit quinze pois dans le même volume d'eau que précédemment, pensant que si l'eau retenait encore quelques traces d'oxygène capable de faire germer quatre pois, la quantité en serait insuffisante lorsqu'il s'agirait d'en faire germer quinze. Les quinze pois germèrent et vinrent forcer Huber à admettre que ces graines faisaient exception et pouvaient germer sans le secours de l'oxygène. Cette conclusion était pourtant erronée. Théodore de Saussure, en opérant dans un ballon renversé sur du mercure bouilli, sous lequel il faisait passer l'eau bouillante, et en ayant soin de priver les graines d'air au moyen de la machine pneumatique, s'est assuré que, dans ces conditions, les pois ne germaient pas plus que les autres graines. Il n'y avait commencement de germination que si le volume de l'eau était égal à deux ou trois cents fois celui des graines et alors on pouvait soupçonner dans l'eau quelque trace d'oxygène. L'erreur de Huber venait donc de ce que, dans ses expériences, ce gaz n'avait jamais été complétement éliminé.

Dans l'hydrogène pur la germination n'a pas lieu; dans un mélange d'hydrogène et d'oxygène elle s'opère aussi facilement que dans l'air ordinaire. Les gaz azote et hydrogène sont donc inertes par rapport à la germination, ils ne lui sont ni utiles ni nuisibles, elle s'y accomplit également bien pourvu qu'ils renferment de l'oxygène. Il n'en est pas de même de l'acide carbonique. Non-seulement les graines ne germent pas dans ce gaz pur, mais pour peu que l'air en contienne une proportion un peu forte, la germination devient impossible.

Une petite quantité d'acide carbonique, un douzième par exemple, qui, mêlé à l'air, favorise au soleil la végétation des plantes développées, est au contraire nuisible à la germination et la retarde plus que ne le ferait la même quantité d'azote ou d'hydrogène.

Si l'on introduit sous une cloche où l'on fait germer des graines dans l'air atmosphérique, de la chaux ou de la potasse qui s'emparent de l'acide carbonique à mesure qu'il se produit, la germination se trouve notablement accélérée.

L'acide carbonique est donc décidément nuisible à la germination et dès lors on comprend pourquoi les graines germent plus facilement dans le sable humide ou dans la terre franche que dans le terreau. Ce fait, dès longtemps constaté par la pratique, trouve son explication dans le dégagement constant d'acide carbonique qui se produit dans le terreau par la combustion lente des matières organiques qui le composent.

Au reste, l'acide carbonique n'est pas le seul corps gazeux qui soit nuisible à la germination. Presque toutes les vapeurs de liquides odorants tels que les essences, les éthers, etc., etc., exercent une action analogue. Il suffit de suspendre, sous une cloche où l'on met des graines à germer, un tampon de

Digitized by Google

coton sur lequel on verse quelques gouttes d'essence de térébenthine ou d'éther pour que la germination soit complétement arrêtée. Le camphre et l'asa fœtida produisent les mêmes effets. J'ai eu l'occasion de constater la fâcheuse influence de l'essence de térébenthine, en 1855, dans une expérience instituée par une commission de l'Académie des sciences pour vérifier les résultats de mes recherches sur l'assimilation de l'azote. La cloche sous laquelle furent placés les semis ayant été peinte nouvellement, toutes les plantes périrent.

Dans cet ordre d'idées, il était intéressant de savoir s'il en serait de même avec l'essence de moutarde noire qui s'engendre par l'action de l'eau sur les éléments de cette graine et qui, par conséquent, se produit pendant sa germination. J'ai constaté que cette essence dont la formation au sein de la graine qui germe semble remplir un rôle utile au phénomène, répandue dans l'atmosphère, même en très-petite quantité, s'oppose complétement à l'évolution de l'embryon. Huber a d'ailleurs constaté qu'une atmosphère confinée dans laquelle on faisait germer un grand nombre de graines finissait par devenir impropre à la germination, alors même que l'acide carbonique produit était enlevé à mesure par une dissolution de potasse et que l'oxygène disparu était remplacé. L'air contracte alors une odeur fétide et la germination devient impossible. Le même fait s'observe dans une atmosphère d'hydrogène et d'oxygène traitée de la même manière; si l'on enflamme le gaz à la fin de l'expérience, on voit qu'il brûle avec une flamme bleuâtre, ce qui tendrait à prouver qu'il renferme de l'oxyde de carbone ou un hydrocarbure. Quoi qu'il en soit, il paraît certain que toutes les graines, aussi bien que les semences de moutarde noire, engendrent pendant leur germination des produits odorants, essences ou autres qui, s'ils ne sont entraînés par des courants d'air, exercent sur la germination une influence des plus nuisibles.

Le chlore, au contraire, employé en très-faible proportion, active singulièrement la germination. Dans l'eau commune et à la température de 15 degrés, le cresson alénois met trente-deux heures pour germer; dans de l'eau légèrement chlorée la germination est complète en six heures. Si la température est de 15 degrés, trois heures suffisent. Grâce à cette action de l'eau chlorée, découverte par M. de Humboldt, il a été possible de faire germer des graines âgées de 110 à 120 ans et qui refusaient de germer par les moyens ordinaires.

Lorsque l'on fait usage de l'eau chlorée pour déterminer la germination, il est nécessaire de laver les graines et de les changer d'eau aussitôt que la radicule s'est montrée au dehors, car le chlore ne tarderait pas à devenir nuisible et à faire périr le germe dont il a d'abord favorisé l'évolution. L'action du chlore n'a rien qui doive nous surprendre. Nous savons, en effet, que ce corps possède pour l'hydrogène une très-grande affinité. Lorsqu'il agit sur les matières organiques il leur enlève de l'hydrogène, ce qui tend à mettre de l'oxygène en liberté. On sait aussi que sous l'influence de la lumière le chlore s'empare peu à peu de l'hydrogène de l'eau pour former avec lui de l'acide chlorhydrique, tandis que l'oxygène devient libre. Si le chlore favorise la germination, ce n'est donc que grâce à l'oxygène dont il détermine le dégagement. L'action de cet oxygène est d'autant plus énergique que les principes immédiats de la graine le rencontrent à l'état naissant, c'est-à-dire sous sa forme la plus active.

Huber et Senebier avaient déjà constaté, sans toutefois en comprendre la raison, que le gaz oxygène qui se dégage des feuilles vertes, exposées au soleil, était plus favorable à la germination que l'oxygène préparé par les moyens ordinaires. Depuis lors il a été reconnu que l'oxygène émis par les feuilles était sous cette forme particulière que les chimistes désignent sous le nom d'ozone, et qui n'est que la persistance de l'état naissant dont l'oxygène, préparé dans certaines conditions, se montre susceptible. A cet état, il jouit de propriétés chimiques excessivement énergiques : il déplace l'iode de ses combinaisons, il perce les tubes de caoutchouc comme le ferait un fer rouge. Qu'y a-t-il dès lors de surprenant à ce que cet oxygène active la germination, dans laquelle sa fonction consiste à exercer son action comburante?

Les gaz et les vapeurs ne sont pas les seuls agents chimiques qui influencent la germination. Les acides, même en très-faible quantité, lui sont essentiellement nuisibles. Les alcalis, au contraire, en très-faible proportion, semblent être favorables. C'est même à cette action différente des acides et des alcalis qu'il faut attribuer les prétendus effets des courants électriques sur la germination. Davy avait observé que si l'on faisait germer des graines dans deux capsules réunies par une mèche humide, et dans chacune desquelles on plongeait un des pôles d'une pile, la germination commençait plus vite au pôle positif qu'au pôle négatif. Cela tient à ce que la première action du courant est de décomposer l'eau et de dégager de l'oxygène naissant au pôle positif. Mais si l'on prolonge l'expérience, on s'aperçoit bientôt que les graines cessent de germer au pôle positif, tandis qu'au pôle négatif elles continuent leur développement. C'est qu'à mesure que les sels contenus dans les graines se dissolvent dans l'eau, l'électricité les décompose. Ces acides se rendent au pôle positif, où ils s'opposent à la germination, tandis que les alcalis amenés au pôle négatif viennent y exercer leur action favorable.

L'action du courant électrique sur la germination se réduit donc en définitive à celle des agents chimiques qu'il met en liberté. Quant à l'influence propre à l'électricité elle-même, si elle en exerce une, elle est encore fort peu connue. Il semble résulter de certaines expériences que les graines électrisées germent un peu plus vite, mais nous n'insisterons pas sur ce point, qui est encore rempli d'obscurité.

Si l'électricité n'exerce qu'un rôle très-secondaire dans la germination, il n'en est pas de même de la chaleur.

Les plantes cultivées dans nos climats ne germent pas si la température est inférieure à 7 degrés.

Tant que la germination n'est pas commencée, et que les graines n'ont pas été imbibées d'eau, on peut sans inconvénient les soumettre aux plus basses températures. MM. Edwards et Collin ont soumis des graines de blé, d'orge, de seigle et de fèves au froid produit par l'évaporation de l'acide sulfureux dans le vide, sans que leur faculté de germer en ait éprouvé la moindre atteinte. J'ai moi-même obtenu d'excellentes germinations de graines que j'avais exposées pendant plus d'une demi-heure au froid produit par le mélange d'éther et d'acide carbonique solide. Mais pour peu que la graine soit imbibée et qu'elle ait commencé de germer, le froid, en congelant l'eau qu'elle renferme, déchire les tissus de l'embryon, et la germination devient impossible.

Au-dessus de 7 degrés, les phénomènes sont variés suivant les degrés de l'échelle thermométrique, et aussi suivant les milieux dans lesquels la germination s'opère.

Digitized by Google

Des graines de légumineuses et de céréales plongées pendant cinq minutes dans l'eau à 75 degrés perdent complétement leur faculté germinative, cela tient vraisemblablement à ce qu'à cette température l'amidon commence à se désagréger.

Les graines plongées dans l'eau à 60 degrés perdent encore la faculté de germer, seulement certaines graines résistent plus que d'autres. Ainsi deux minutes suffisent pour produire cet effet sur le blé, l'orge, les haricots et le lin. Sur le seigle et les fèves, il faut que l'immersion dure au moins un quart d'heure.

A 50 degrés, certaines graines résistent, d'autres perdent leur vitalité. Cette température se présente donc comme la limite extrême de température à laquelle on peut soumettre les graines dans l'eau, sans anéantir sans retour leur vitalité.

Mais les phénomènes ne sont plus les mêmes si l'on change la nature des milieux.

Dans la vapeur, la limite où certaines graines commencent à résister se trouve élevée à 62 degrés.

Dans l'air parfaitement sec, cette limite peut atteindre jusqu'à 75 degrés, température à laquelle, dans l'eau et dans la vapeur, toutes les graines meurent infailliblement. Cette résistance s'explique évidemment par la nécessité du concours de l'eau pour opérer le gonflement et la désagrégation des grains de fécule. Dans toutes les expériences dont je viens de parler, les graines n'étaient soumises que pendant un court espace de temps à l'action de la chaleur, puis on les mettait germer dans les conditions ordinaires. Mais qu'arriverait-il si l'on essayait d'opérer la germination même à des températures plus élevées que la température ordinaire?

Dix graines de blé et autant de seigle et d'orge ont été placées sur de l'eau maintenue à 35 degrés. Au bout de trois jours, deux graines de seigle et deux de blé seulement avaient germé, toutes les autres étaient mortes. Le séjour dans l'eau à 35 degrés est donc défavorable et plus nuisible à l'orge qu'au seigle et au blé.

Dans la terre humide, la germination se fait très-bien à 35 degrés et même à 40 degrés, mais à 45 degrés elle devient chanceuse, beaucoup de graines ne lèvent pas; à 50 degrés, elle devient absolument impossible. Ces résultats ont été constatés par MM. Edwards et Collin sur le blé, le seigle, l'orge et l'avoine. Ainsi 45 degrés est la température extrême à laquelle les céréales peuvent germer dans le sol. Ce fait a des conséquences pratiques d'une grande importance. Il y a certainement peu de climats où la température de l'air s'élève à 45 degrés, mais pour que la culture des céréales devienne impossible, il suffit que la température du sol puisse atteindre cette limite. Or, selon M. Arago, la température du sol est, en moyenne, supérieure de 10 degrés à celle de l'atmosphère. M. Boussingault a fréquemment observé dans l'Amérique du Sud que des terres arables, couvertes d'herbes brûlées, possédaient une température de 45 à 48 degrés. M. de Humboldt rapporte, dans ses Fragments asiatiques, que la température du sol, entre les tropiques, s'élève communément jusqu'à 52 et 56 degrés. Près des cataractes de l'Orénoque, il a trouvé le sable granitique blanc à gros grains à 60°,3, l'air, à l'ombre, n'accusant que 29°,6. M. Arago, qui a fait beaucoup d'observations sur l'irradiation du sable pendant nos grandes chaleurs de l'été, l'a trouvé fréquemment à 48 et 50 degrés, et même une fois à 53 degrés : le thermomètre marquait à l'ombre 33 degrés.

Il est donc évident qu'il doit exister des régions où la culture des céréales devient impossible à cause de la température que le sol peut acquérir pendant la germination.

Voici à cet égard les faits qui ont été observés :

« Dans la région des Cordilières, depuis les bords de la mer » jusqu'à une hauteur où toute végétation périt, on peut for- » mer des divisions fondées sur la température moyenne. » Toute la zone dont la température moyenne est comprise » entre 26 et 17 degrés est impropre à la culture des céréales. » Dans ces régions, M. Boussingault a observé que la tempé- » rature du sol pouvait s'élever de 46 à 48 degrés. »

Toutes les céréales ne sont pas également sensibles à l'action des températures élevées pendant leur germination. Le seigle résiste mieux que le blé, mais l'orge, au contraire, est beaucoup plus impressionnable. Les graines de la plus petite variété de maïs peuvent germer sur l'eau à 45 degrés, c'est-à-dire à 10 degrés plus haut que le blé, aussi le maïs résiste-t-il à des températures beaucoup plus élevées que toutes les autres céréales.

Si donc on voulait exprimer l'ordre dans lequel les céréales doivent se succéder théoriquement, en partant des régions les plus chaudes pour aller vers les plus froides, il faudrait adopter l'échelle suivante : *Maïs, Seigle, Froment, Orge.*

Or c'est là justement l'ordre que l'on observe sur le versant des Cordilières. Il est donc incontestable que la température limite à laquelle chaque variété de graine peut germer joue un certain rôle parmi les causes qui déterminent l'ordre de répartition des végétaux à la surface du globe.

Au-dessous de la température-limite l'action de la chaleur est favorable à la germination. Ainsi, entre 18 et 25 degrés, la sortie du germe est en général deux ou trois fois plus rapide qu'entre 8 et 12 degrés.

Voici les résultats obtenus par M. de Candolle, en opérant en même temps et sur les mêmes graines en plein air et sous une bâche, et réalisant ainsi les conditions de température dont je viens de parler :

| | Nombre de jours nécessaires à la germination. | |
|---|---|---|
| | En plein air. | En bâche. |
| Erigeron caucasicum | 10 | 2 |
| Thlaspi ceratocarpum | 8 | 4 |
| Dolichos abyssinicus | 10 | 3 |
| Zinnia tenuiflora | 11 | 5 |
| — coccinea | 22 | 5 |
| Grahamia aromatica | 14 | 5 |
| Solidago hirta | 11 | 5 |
| Lablab vulgaris | 14 | 10 |
| Anthemis rigescens | 7 | 6 |
| Rheum ondulatum | 8 | 7 |
| Duvaua dependens | 22 | 16 |

Les jardiniers admettent généralement que la lumière est défavorable à la germination, parce que les semis réussissent mieux lorsqu'on les abrite. Lefébure et Ingenhousz ont adopté la même opinion, mais Théodore de Saussure a constaté que si l'on faisait deux semis, l'un sous un vase opaque, l'autre sous un vase de verre, mais exposé à la lumière diffuse, et non aux rayons directs du soleil, la germination marchait aussi bien dans les deux cas, et qu'à la lumière les jeunes plantes étaient même un peu plus robustes, ce qui tient à l'heureuse influence qu'elle exerce sur les tissus déjà formés. « Je crois pouvoir conclure de ces faits et de ces expériences, » dit-il, que la lumière, abstraction faite de la chaleur qui » l'accompagne, n'exerce pas une influence nuisible sur la » germination. »

Digitized by Google

Ce que nous venons de dire de l'action de la chaleur sur les graines explique et fait disparaître le désaccord qui semble exister entre les données de la pratique, les expériences de Lefébure et d'Ingenhousz, d'un côté, et les résultats de Théodore de Saussure de l'autre. Il est impossible, en effet, lorsqu'on fait germer des graines en plein soleil, que la température du sol ne s'élève pas au-dessus de celle de l'air, à laquelle sont exposées celles qui germent sous un abri. Dans toutes ces expériences, donc, l'action de la lumière n'est point isolée, il s'y mêle en même temps l'action de la chaleur qui l'accompagne, et c'est évidemment là la cause de l'effet nuisible des rayons solaires directs.

Pour les semences des plantes aquatiques qui germent dans l'eau, l'obscurité semble décidément favorable à la germination ; mais ici encore cela tient à une cause étrangère à l'action de la lumière proprement dite. Lorsque l'eau est exposée au soleil elle s'échauffe, et une partie de l'air qu'elle tenait en dissolution se dégage ; les graines ont alors moins d'oxygène à leur disposition, et par conséquent germent plus difficilement.

Nous arrivons donc finalement, en ce qui concerne l'influence des agents extérieurs sur la germination des graines, à cette conclusion générale, que trois conditions sont indispensables à l'évolution du germe :

1° Une certaine humidité.

2° La présence de l'oxygène.

3° Une certaine température, comprise entre des limites variables suivant les espèces de graines.

L'action favorable du chlore se ramène à celle de l'oxygène, et en dehors de ces deux corps presque tous les autres agents chimiques exercent une action nuisible. Quelques-uns, comme l'azote, l'hydrogène, les solutions alcalines faibles, paraissent à peu près inertes.

Parmi les agents impondérables, l'action de l'électricité se ramène à un phénomène chimique et celle de la lumière peut être considérée comme nulle. La chaleur seule joue un rôle, et nous avons vu quelle en est l'importance.

Mais les circonstances extérieures ne sont pas les seules qui exercent sur la germination quelque influence. Il existe encore des conditions inhérentes à la graine elle-même, et qui favorisent ou s'opposent à son développement. Au premier rang, nous placerons la vétusté.

En général, les graines germent d'autant mieux qu'elles sont plus récentes ; cependant elles conservent fréquemment leur faculté germinative pendant un temps assez long. A cet égard, les graines présentent des différences très-importantes.

Les graines à endosperme charnu, telles que celles du Magnolia, s'altèrent facilement quand on veut les conserver, et, parmi les semences riches en corps gras, il en est dont l'altération est si rapide qu'il faut les semer immédiatement après leur maturité. Telles sont les graines de *Caféier* et de *Giroflier*. Les semences des ombellifères qui contiennent un noyau ou une amande, en général toutes celles des plantes aromatiques, *Verge d'or*, *Iris*, *Fraxinelles*, *Dauphinelles*, *Aconits*, celles d'une partie des plantes bulbeuses et de la plupart des grands arbres, germent d'autant plus sûrement qu'on les sème à une époque plus voisine de leur maturité et ne se conservent guère au delà d'une saison. Les semences inodores, les graminées, une grande partie des crucifères et des légumineuses, celles des cucurbitacées, des plantes froides et des plantes laiteuses, celles qui sont enfermées dans des cônes ou des capsules ou entourées d'une pulpe succulente, se maintiennent pendant dix-huit mois ou deux ans avec la faculté de germer. D'autres se conservent encore plus longtemps, mais elles sont en petit nombre.

A ces faits généraux, nous pouvons joindre quelques données plus précises. En 1809, M. Jaume Saint-Hilaire sema 350 espèces différentes de graines provenant d'une collection faite par Bernard de Jussieu quarante-cinq ans auparavant. Sur les 350, il n'y en eut que 10 qui levèrent.

Plus récemment, M. Alph. de Candolle s'est livré à quelques essais du même genre. En 1824, 368 échantillons de graines différentes furent recueillis et conservés jusqu'en 1846, époque à laquelle on sema 20 graines de chaque espèce. Sur les 368 espèces, 17 seulement levèrent, et encore fut-il constaté que chez ces dernières la faculté germinative se trouvait considérablement affaiblie, car sur les 20 graines semées c'est à peine si l'on comptait 2 ou 3 germinations. Nous sommes donc pleinement fondés à conclure qu'au delà de certaines limites variables suivant les espèces, mais toujours assez restreintes, une conservation prolongée altère les graines et leur fait perdre leurs facultés germinatives.

Le degré de maturité n'exerce que peu d'influence sur la germination. Il résulte des expériences de M. Duchartre que le blé germe également bien depuis le moment où l'embryon n'a pas encore de formes distinctes jusqu'à la maturité. Le desséchement des grains incomplétement mûrs exerce une influence plutôt favorable que nuisible, car les graines desséchées germent plus rapidement. Cela tient évidemment à ce que, pendant la dessiccation, l'embryon a pu acquérir, aux dépens des matériaux contenus dans la graine, un degré de développement plus avancé. D'autres observateurs ont obtenu des résultats analogues sur d'autres espèces de graines. Il est donc bien établi que les semences n'ont pas besoin d'être complétement mûres pour germer.

Enfin, il peut arriver fréquemment dans la pratique que des graines qui ont éprouvé un commencement de germination manquent ensuite de l'eau nécessaire et se dessèchent. Il était donc intéressant de connaître les effets du desséchement sur les graines en voie de germination. On doit à Théodore de Saussure un travail considérable sur cette question. Voici les principales conclusions auxquelles il a été conduit : 1° Les graines dont la radicule avait atteint, par une première germination, la moitié de la longueur du grain, après une dessiccation prolongée, reprennent parfaitement lorsqu'on les replace dans les conditions nécessaires à la germination. Elles germent aussi vite que des graines neuves de même espèce.

2° Si la radicule a atteint la longueur du grain, la reprise est plus difficile et ne se fait qu'en poussant de nouvelles radicules, la première ne reprenant pas. La végétation qui suit est beaucoup moins vigoureuse.

3° Si la radicule est parvenue au double de la longueur de la graine, et la plumule à peu près à sa longueur, la reprise n'a plus lieu qu'à l'aide de précautions particulières, et encore ne réussit-elle que sur un très-petit nombre de graines qui ne donnent ensuite que des plantes chétives et souffreteuses.

Ces expériences, faites sur le froment, ont été répétées sur plusieurs autres graines et ont donné des résultats analogues, de telle sorte qu'il est permis de dire en thèse générale que l'interruption de la germination par desséchement n'est pas nuisible, pourvu qu'elle n'ait lieu que vers le début. Saus-

Digitized by Google

sure a même constaté qu'à ce moment les graines pouvaient subir plusieurs alternatives de desséchement et de reprise, sans pour cela perdre leur vitalité. Mais après un commencement de germination et un desséchement, la conservation prolongée devient impossible. Saussure a vu qu'au bout d'une année aucune des graines ainsi traitées n'avait pu reprendre.

En ce qui concerne l'influence des conditions inhérentes à a graine elle-même, nous pouvons donc conclure :

1° Que la conservation prolongée est en général défavorable, et que plus les graines sont récentes, plus elles germent facilement.

2° Que l'époque de la maturité n'exerçant qu'une influence très-secondaire, il est en général préférable de récolter les plantes avant la maturité complète, ce qui prévient les pertes et débarasse le sol plus tôt. La maturité s'achève ensuite dans les greniers.

3° Qu'enfin le desséchement des graines semées n'est pas à craindre, pourvu que la germination ne soit pas trop avancée.

Dans la prochaine séance, nous aborderons l'étude de l'assimilation des éléments organiques par le végétal, pendant sa période d'activité et d'accroissement. Nous commencerons ce sujet par l'assimilation de l'azote.

H. JOULIE, pharmacien en chef de l'hôpital Saint-Antoine.

---

## FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

## PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE (1).

### COURS DE M. CL. BERNARD.

(de l'Institut).

**Les liquides nourriciers. — Le sang.**

On dit souvent en se fondant sur des considérations anatomiques que les êtres inférieurs sont plus simples que les êtres supérieurs ; mais lorsqu'on se place au point de vue physiologique, c'est la proposition contraire qui devient la vérité, car les animaux inférieurs remplissent également toutes les fonctions qui sont accomplies chez les animaux supérieurs ; seulement si l'on n'avait pas pu étudier d'abord ces diverses fonctions chez les animaux supérieurs, il aurait été impossible de les distinguer chez les inférieurs où elles se trouvent confondues. L'élévation physiologique d'un être vivant consiste donc dans une différentiation et une séparation de plus en plus complète des diverses fonctions vitales.

Dans l'étude que nous allons faire des liquides nourriciers, nous nous placerons donc surtout au point de vue des animaux supérieurs, chez lesquels ces liquides, — et par suite les fonctions qu'ils remplissent, — se distinguent mieux les uns des autres ; chez ces animaux nous trouvons quatre liquides nourriciers : le *sang*, la *lymphe*, le *chyle* et la *sérosité*.

Le chyle est un liquide d'aspect sembable à celui du lait et coagulable comme lui ; il vient des intestins par les vaisseaux chylifères et, après les découvertes d'Aselli et de Pecquet, il a été considéré comme le liquide nourricier par excellence : de là un revirement complet dans la manière dont on avait jusque-là envisagé la nutrition. Les vaisseaux chylifères, d'un blanc laiteux pendant la digestion (ce qui leur avait d'abord valu le nom de vaisseaux lactés), se réunissent dans la citerne de Pecquet, et se continuent ensuite par le canal thoracique qui aboutit à la veine sous-clavière gauche, endroit où le chyle tombe dans le sang. D'après les idées auxquelles la découverte de ces vaisseaux avait donné naissance, le chyle serait donc le liquide nourricier par excellence.

Mais depuis cette époque, on a reconnu que le chyle n'avait pas une importance aussi grande qu'on l'avait cru, et qu'il ne contenait pas, ainsi qu'on se l'était figuré, la quintessence des matières nutritives introduites dans le corps. On en est donc revenu aux idées plus anciennes sur la nutrition, celles qui avaient cours avant Aselli et Pecquet. Les vaisseaux chylifères sont tout simplement des vaisseaux lymphatiques et le chyle n'est que de la lymphe qui s'est chargé de graisse, ce qui se fait naturellement pendant la digestion.

Aussi peut-on donner facilement aux vaisseaux chylifères, chez un animal à jeun, l'apparence qu'ils présentent pendant la digestion. Il suffit pour cela d'injecter à cet animal 5 à 6 centimètres cubes d'éther contenant de la graisse ; l'éther favorise l'absorption et la graisse, qui passe ainsi rapidement dans les chylifères, s'y émulsionne aussitôt, et leur donne la même apparence que si l'animal était en pleine digestion. Mais le chyle est si peu le liquide nourricier par excellence, qu'on ne le trouve même pas chez tous les vertébrés ; les mammifères seuls ont des vaisseaux chylifères bien développés ; les oiseaux en ont à peine de perceptibles, si tant est qu'ils en aient, et dans tous les cas ils ne sont perceptibles qu'au microscope. En résumé, le chyle n'est donc que de la lymphe avec de la graisse émulsionnée qui lui donne son aspect laiteux ; ce lait lui-même doit son aspect caractéristique à une émulsion graisseuse. La nutrition se fait surtout par le sang, et il faut en revenir sur ce point, aux idées de Galien. Le sang subit du reste dans le foie des modifications indispensables à l'accomplissement de ses fonctions nutritives.

La lymphe est un liquide nourricier incolore, tandis que le sang des animaux supérieurs est coloré en rouge, ce qui veut simplement dire que la lymphe ne contient pas de corpuscules proprement dits, car c'est à la présence de ces corpuscules qu'est due la coloration rouge du sang des vertébrés.

Le système lymphatique communique avec le système sanguin par sa terminaison, car il se déverse dans la veine sous-clavière gauche par le canal thoracique. A ce point, on pourrait, en quelque sorte, considérer les vaisseaux lymphatiques comme constituant un second système veineux. Le système lymphatique communique-t-il également par son origine avec le système sanguin ? L'origine des vaisseaux lymphatiques se trouve surtout dans le tissu cellulaire proprement dit, le tissu conjonctif. Il ne peut être question de chercher là des communications visibles et complètes, comme celles qui unissent le système artériel et le système veineux, communications qui se laissent facilement traverser par les globules sanguins, et qu'on peut aisément mettre en évidence par des injections passant d'un système dans l'autre. Mais n'y aurait-il pas au moins des communications d'une autre genre et qu'on pourrait appeler physiologiques ?

Les anatomistes ont nié d'une manière absolue les communications du système sanguin avec les lymphatiques. Et, en effet, les injections lancées dans les artères ou les veines ne

(1) Voy. le numéro 20 et 50.

Digitized by Google

passent point dans les vaisseaux lymphatiques, à moins qu'on n'ait provoqué une rupture des tissus en faisant l'injection avec des substances lourdes comme le mercure. Cependant, au point de vue physiologique, ces communications entre le système sanguin et le système lymphatique doivent être admises au même titre que les communications entre le système vasculaire de la mère et celui du fœtus pendant la gestation, bien que ces communications n'admettent pas non plus le passage des globules sanguins.

On peut, du reste, démontrer ces communications entre les vaisseaux sanguins et les vaisseaux lymphatiques, en injectant dans les veines une substance facile à reconnaître chimiquement comme le prussiate de potasse, ou encore en introduisant dans les vaisseaux sanguins deux substances susceptibles de réagir l'une sur l'autre, comme de l'acétate de plomb et du chromate de potasse; on trouve ensuite du chromate de plomb jaune, dans le système sanguin comme dans le système lymphatique, tandis que si l'on avait injecté par les artères du chromate de plomb tout formé et mêlé à la gélatine, ce chromate de plomb ne serait point passé dans les vaisseaux lymphatiques. Ainsi la lymphe n'est qu'un sang veineux dépourvu de globules, ou un dérivatif du sang veineux.

Un troisième liquide nourricier, c'est la sérosité, qui ressemble beaucoup à la lymphe, et se sécrète en quantité fort variable, suivant les circonstances. Nous ne parlons pas ici des cas pathologiques; mais à l'état normal on trouve de la sérosité dans le péritoine, le péricarde, les membranes synoviales, etc.; et l'on peut ajouter ici le liquide céphalo-rachidien, qui diffère pourtant de la sérosité sous certains rapports. A l'état de digestion la sérosité est très-abondante, et peut être recueillie en quantité fort notable, notamment sur le péritoine. La sérosité est un liquide coagulable comme la lymphe et qui en possède également les autres caractères; elle doit donc être constituée par de la lymphe: peut-être provient-elle d'une exsudation particulière de ce liquide à travers le péritoine et les autres membranes séreuses.

Nous devons citer aussi la lymphe plastique qui se développe dans une plaie, lorsque le sang n'en coule plus. C'est un liquide sans globules, qu'on compare, avec raison, à la lymphe et qu'on a appelé *plastique* parce qu'on lui attribue un certain rôle dans le travail de cicatrisation de la plaie.

Enfin, vient le sang dont tous les liquides précédents ne sont que des dérivés.

Le sang des animaux supérieurs se compose de deux parties distinctes, d'abord le liquide, puis les globules qui sont de véritables éléments histologiques nageant dans le liquide sanguin sans y être en dissolution. Mais le sang peut parfaitement exister sans globules, et surtout sans globules rouges, et il est possible, avec certaines précautions, de les en séparer. Il y a, en effet, dans le sang d'autres substances en dissolution qui passent au filtre quand on a le soin d'en empêcher la coagulation. Joannès Muller a séparé ainsi les globules de la partie liquide, en prenant du sang de grenouille dont les globules sont fort gros et restaient sur le filtre; on le refroidissait pour empêcher la coagulation. Les globules sont donc des éléments histologiques jouissant de propriétés particulières qui doivent être étudiées à part.

Lorsqu'on met du sang de cheval dans une éprouvette un peu haute, on distingue bientôt au-dessus une masse blanchâtre que les vétérinaires appellent le caillot blanc. Lassaigne a montré que les globules, ayant une densité plus considérable, tombaient au fond, et qu'il se formait ainsi dans l'éprouvette plusieurs couches superposées de nuances différentes; au-dessus de la couche blanche dont nous venons de parler, au milieu une couche rosée, dans laquelle Lassaigne a montré qu'il y avait très-peu de globules, et en bas une couche de teinte beaucoup plus noire, contenant une grande quantité de globules. Le cheval présente cela de particulier, qu'il n'a que 40 pulsations à la minute, bien qu'il soit un animal à sang chaud; son sang se coagule moins vite que celui des autres mammifères, et les globules ont ainsi le temps de tomber au fond de l'éprouvette, avant que la coagulation ne se soit produite. Mais pour faire convenablement cette séparation, il faut refroidir le sang; autrement la coagulation se fait encore trop vite, et les globules se trouvent emprisonnés comme cela s'est produit dans cette éprouvette. Si l'on voulait filtrer le sang de cheval, les globules étant très-petits, la filtration durerait fort longtemps, ce qui permettrait à la matière colorante des globules de se dissoudre dans le sang, et de lui communiquer ainsi une teinte qui ne lui appartient point. Mais quand on opère dans une éprouvette refroidie, comme nous venons de le dire, la liqueur du sang présente alors une apparence jaune citron et ressemble tout à fait à de la lymphe. C'est ce procédé de séparation des globules et de la liqueur sanguine qui a permis à Schmidt de constater que l'alcali dominant des globules était la potasse et celui du liquide sanguin la soude.

Le sang est rouge chez les animaux supérieurs, et l'on distingue même chez eux les différents liquides nourriciers par leurs couleurs respectives; mais ces couleurs ne sont point essentielles et elles varient beaucoup dans la série animale.

Sous le rapport de la coloration du sang, on peut ranger tous les animaux en deux grandes classes: 1° les vertébrés, dont le sang est coloré en rouge, et possède par conséquent des globules; 2° les invertébrés qui ont un sang, non pas blanc, comme on le dit généralement, mais coloré d'une manière qui lui est propre et ne tient pas à des globules tenus en suspension. Ainsi, vous pouvez voir dans cette éprouvette du sang d'escargot qui est coloré en bleu, et ne présente aucun dépôt; et voici dans cette autre éprouvette, comme point de comparaison, du sang de grenouille, rouge, avec dépôt au fond, de telle sorte que la couche inférieure est noirâtre et la couche supérieure à peine rosée. Certains annélides, notamment les vers de terre, ont du sang coloré en rouge, et Cuvier les avait même appelés pour cette raison *vers à sang rouge*. Mais ce n'est point du sang rouge comme celui des vertébrés, car il ne doit pas, comme lui, sa couleur à des globules.

On trouve dans le sang des vers ou des infusoires spéciaux, nommés *hématoïdes*, et assez nombreux, puisqu'on en a compté jusqu'à douze espèces différentes. Ici les vertébrés et les invertébrés ne présentent plus de différence, car les uns comme les autres possèdent des infusoires hématoïdes. Ce que les vertébrés présentent de plus, ce sont leurs organismes élémentaires normaux, c'est-à-dire les globules. En effet, les animaux supérieurs ont d'abord tout ce que possèdent les animaux inférieurs, et ils ont en outre certaines autres choses qui constituent leur perfectionnement physiologique. Tel est le caractère des globules du sang.

Reste maintenant à déterminer le siége des liquides nourriciers de l'organisme. Il est évident qu'il faut d'abord un système de tuyaux appropriés pour la circulation de ces liquides;

Digitized by Google

mais ce n'est point là le siége de ces liquides comme nous l'entendons. Ce que nous voulons déterminer, c'est l'endroit de l'organisme où ils remplissent leur fonction de liquides nourriciers.

La fonction nutritive des liquides que nous étudions ne peut s'accomplir qu'au contact de ces liquides avec les éléments histologiques. Chez les animaux supérieurs, ce contact, pour le sang, s'établit évidemment dans les vaisseaux capillaires. Mais il y a deux sortes de vaisseaux capillaires qu'il convient de distinguer nettement : les premières sont les gros capillaires en forme d'anses; des trois couches composant les parois des artères, — la couche interne, séreuse; la couche moyenne, élastique, et la couche externe, celluleuse ou musculaire; — de ces trois couches, la moyenne s'amincit et diminue de plus en plus dans ces gros capillaires. Mais les deux autres couches persistent et rendent possibles dans ces vaisseaux des contractions vigoureuses dont le mécanisme est régi par le système nerveux grand sympathique. Nous trouvons ensuite de petits vaisseaux capillaires qui n'ont plus que la couche séreuse, sont complétement transparents et permettent ainsi un contact presque immédiat et un échange continuel entre les liquides nourriciers et les éléments histologiques.

Chez certains animaux moins élevés, les vaisseaux du système sanguin artériel tombent dans des lacunes où les éléments histologiques sont directement plongés dans le sang; ces vaisseaux artériels sont terminés par des bourrelets musculaires au moyen desquels l'animal peut verser du sang dans ses lacunes suivant les besoins de l'organisme. A l'autre extrémité du corps, ces lacunes sont en communication avec d'autres vaisseaux sanguins, qui viennent y reprendre le sang qui a servi. Cette disposition, si fréquente chez les animaux inférieurs, se retrouve aussi, dans certains cas, chez des animaux supérieurs. Ainsi, le célèbre anatomiste de Vienne, M. Hirtl, a constaté que, chez certains vertébrés, comme la grenouille par exemple, les fibres musculaires du cœur étaient plongées directement dans le sang. Les parois du cœur sont alors comme des éponges contractiles, et lorsque la contraction se produit, le sang pénètre dans le tissu des parois (le cœur de la grenouille a trois cavités, deux oreillettes et un ventricule; mais ce ventricule est séparé en deux loges par une paroi criblée de petits trous). Dans ces conditions particulières, le cœur forme donc une sorte de lacune musculaire.

C'est donc dans le contact du liquide sanguin avec les éléments histologiques que nous trouverons l'explication de tous les phénomènes nutritifs; mais avant d'entrer dans l'examen de cette question, il faut étudier les propriétés du liquide sanguin lui-même.

Le sang est de beaucoup le plus important de tous les liquides de l'organisme, et les anciens y plaçaient le siége de l'âme et de la vie. Aujourd'hui, nous le considérons comme un milieu spécial dans lequel vivent tous les éléments histologiques et qui est nécessaire à la manifestation de leurs propriétés; lorsqu'on leur enlève ce milieu, leurs propriétés vitales ne peuvent plus entrer en jeu, et ils se trouvent dans la position d'un animal auquel on aurait enlevé le milieu ambiant extérieur. Nous avons montré qu'il faut en effet distinguer, dans les animaux, deux atmosphères ou deux milieux, un milieu extérieur au sein duquel se passent tous les phénomènes organiques ou inorganiques de la nature, et un milieu intérieur en contact immédiat avec les éléments organiques et servant de théâtre aux phénomènes intimes de leur activité vitale. Il y a toute une comparaison à faire entre ces deux atmosphères ou ces deux milieux; dans l'un comme dans l'autre, il doit exister certaines conditions d'humidité, de température, de pression, etc.

Nous ne devrons jamais oublier le point de vue auquel nous considérons le sang, celui de milieu organique propre en contact immédiat avec les éléments histologiques. A ce titre de milieu, le sang doit réunir des conditions convenables de renouvellement, d'aération, etc., absolument comme une chambre dans laquelle vivent des êtres organisés.

Lorsqu'on fait écouler le sang d'un animal, la vie s'éteint en lui, dit-on, par hémorrhagie; mais, au fond, c'est comme si on le mettait dans le vide, et il meurt par asphyxie. Si certains animaux peuvent résister longtemps à l'asphyxie ordinaire, c'est-à-dire à la privation d'air, cela tient simplement à ce qu'ils ont dans leur sang des provisions de gaz qui suffisent à entretenir pendant quelque temps la vie des différents tissus; mais lorsqu'on supprime le sang lui-même, la mort arrive aussitôt sans distinction entre les classes. La nutrition, en effet, est une fonction constante, contrairement à ce que pensait Cuvier, qui disait que la circulation était bien constante, mais que la nutrition était intermittente : cela n'est vrai que de la digestion, mais non de la nutrition elle-même.

On a dit depuis longtemps que le sang était un liquide vivant, et l'on a même été plus loin, en avançant que la bile, la salive et les autres sécrétions du même genre étaient aussi des liquides vivants. Si l'on veut simplement dire par là que ces liquides ont des propriétés vitales particulières, nous en tomberons aisément d'accord; mais ces liquides sont simplement des liquides organiques, et non des liquides organisés; ils peuvent renfermer, par exemple, des ferments qui jouissent de propriétés tout à fait à part et peuvent se reproduire.

Mais le sang présente, sous ce rapport, des particularités qui méritent d'attirer notre attention; en effet, dans le liquide proprement dit nagent des globules qui sont de vrais éléments organisés, et, à ce point de vue, si l'on considère les globules blancs et rouges comme faisant partie du sang, on peut le considérer comme un liquide vivant, car ces globules ont des propriétés vitales distinctes, absolument comme une cellule glandulaire ou une fibre musculaire. Aussi, quand on se place à ce point de vue, distingue-t-on soigneusement le sang considéré dans les vaisseaux du sang considéré hors de l'organisme, tandis que l'urine est toujours de l'urine et a toujours les mêmes propriétés, au dedans ou au dehors de la vessie.

Vous voyez dans cette éprouvette le sang se séparer en trois couches, le sérum, qui est jaune, la fibrine, masse coagulée, blanchâtre, et enfin les globules; lorsque la chaleur est un peu trop considérable, comme cela a eu lieu ici, la fibrine ne se distingue pas bien des globules. La coagulation que vous voyez là se produire est un véritable phénomène vital comparable, par exemple, à la rigidité cadavérique.

Les animaux supérieurs étant, en réalité, plus simples que les animaux inférieurs, contrairement à ce qu'on pense généralement, nous ne commencerons point par ces derniers pour remonter ensuite par synthèse jusqu'aux animaux supérieurs; nous prendrons la marche inverse, et nous étudierons d'abord les fonctions du sang et ses différentes propriétés chez les animaux supérieurs, pour pouvoir ensuite les suivre et les

Digitized by Google

distinguer plus facilement avec leurs modifications, chez les animaux inférieurs.

Chez les animaux élevés, le siége du sang est un système vasculaire complétement clos. On a fait bien des distinctions pour le sang, suivant les vaisseaux dans lesquels on le prenait. Bichat, par exemple, a distingué le système à sang rouge et celui à sang noir, ou, comme on le dit quelquefois, le système du sang artériel et celui du sang veineux. Mais ce sont là des distinctions qui n'ont rien d'absolu : on ne peut point caractériser suffisamment le sang par l'endroit dans lequel on le prend ; il faut le caractériser par ses propriétés.

Le sang, revenu des poumons où il se revivifie incessamment, est lancé par le ventricule gauche du cœur dans le système artériel qui le mène aux diverses parties du corps d'où il revient par le système veineux qui aboutit dans l'oreillette droite. Entre les deux systèmes artériel et veineux se trouvent le réseau des vaisseaux capillaires généraux ; c'est là que le sang exerce son action vitale et notamment remplit ses fonctions nutritives ; dans le reste de son trajet circulatoire, notamment dans le cœur, il ne fait guère qu'obéir à des conditions purement mécaniques.

On dit souvent que pour qu'une substance produise son action sur l'organisme, il faut qu'elle arrive au cœur ; au fond cette condition là ne signifie rien ; l'important, c'est que la substance active arrive jusqu'aux éléments histologiques, tant qu'elle n'est point là, rien ne se produit ; mais si elle peut y arriver par une autre voie qu'en passant par le cœur, c'est tout aussi bon et les phénomènes apparaissent aussitôt. Ainsi, lorsqu'on lie une veine contenant un poison très-violent, il ne se produit aucun phénomène toxique. De même lorsqu'on introduit de l'acide sulfhydrique dans les veines, il s'élimine par les poumons et aucun phénomène ne se manifeste non plus. On peut encore arrêter l'action d'une substance en liant les artères. Tout se passe donc dans les capillaires, la nutrition, la combustion respiratoire qu'on avait placée autrefois à tort dans les poumons, etc.

Qu'est-ce que ces capillaires? Est-ce un système particulier, ou ne faut-il y voir que la subdivision ultime des artères? Certains anatomistes les ont considérés comme l'origine des veines, et cette opinion semble confirmée par certaines données de l'anatomie comparée, car les artères se terminent par des vaisseaux très-contractiles, tandis que les capillaires sont des espèces de lacunes qui deviennent des lacunes véritables chez un grand nombre d'invertébrés. Quoiqu'il en soit, nous avons à distinguer deux ordres de phénomènes qui se produisent dans le sang, d'abord les phénomènes mécaniques ayant leur siége dans le cœur, les artères et les veines ; puis les phénomènes physico-chimiques qui s'accomplissent dans les vaisseaux capillaires.

La quantité de sang contenue dans les animaux est fort variable ; du reste, lorsqu'on veut le retirer des vaisseaux, la mort arrive avant qu'on n'ait pu tout enlever. Il est donc très-difficile de l'évaluer, quoique on l'ait tenté souvent, parce qu'il est très-difficile ou même impossible de le retirer entièrement. Le sang se reproduit et répare les pertes qu'il subit ; on sait en effet qu'on peut en retirer beaucoup aux animaux par des saignées successives. C'est même un remède fort connu pour certaines maladies, quoiqu'il soit beaucoup moins employé maintenant.

On a essayé par divers moyens de mesurer la quantité de sang que contenait un animal ; mais il est évident qu'on ne peut opérer en plusieurs fois, car le sang se reformant incessamment, on arriverait ainsi à en retirer d'un animal bien plus que ne pèse son corps tout entier. Guy-Patin rapporte déjà le fait d'un homme qui avait subi 84 saignées en plusieurs séries et qui avait ainsi rendu des quantités de sang énormes. Il faut donc extraire le sang d'un seul coup, puis chercher le rapport qui existe entre la quantité de sang extraite et le poids du corps tout entier. D'ailleurs, même en faisant mourrir par hémorrhagie tous les animaux sur lesquels on opère, on est encore exposé à certaines variations, suivant le procédé par lequel on produit l'hémorrhagie. Ainsi on obtient plus de sang en tuant l'animal par la section de la tête qu'en lui ouvrant l'artère crurale ; on en recueille également une plus grande quantité en l'assommant comme on le fait dans les boucheries ordinaires qu'en le saignant de suite suivant la pratique des Juifs. Voici quelques nombres indiquant les quantités de sang obtenus par Herbst, en opérant ainsi par hémorrhagie sur différents animaux, le poids total du corps de chaque animal étant pris pour unité :

| | |
|---|---|
| Bœuf | 1/12 |
| Chien | 1/16 |
| Chèvre | 1/20 |
| Ane | 1/23 |
| Lapin | 1/24 |
| Canard | 1/29 |

Valentin a fait plusieurs objections à cette manière d'opérer, et il est évident en effet qu'on ne peut jamais arriver ainsi à retirer tout le sang existant dans l'organisme. Il a donc imaginé une autre méthode qui serait excellente si l'on n'opérait pas sur un animal vivant. Voici en quoi elle consiste. Il pratique d'abord une saignée sur l'animal en expérience, de manière à lui retirer une certaine quantité de sang, 100 grammes par exemple ; puis il injecte dans les veines la même quantité d'eau et pratique ensuite une seconde saignée de 100 grammes ; il cherche ensuite, en faisant dessécher le produit des deux saignées, combien il y a d'eau de plus dans la seconde que dans la première, ce qui lui permet de déterminer quelle était la quantité de sang restant dans l'organisme après la première saignée et à laquelle les 100 grammes d'eau injectés se sont mêlés.

Ce serait là un procédé d'une parfaite exactitude si l'on opérait dans un tonneau ; mais, dans un organisme vivant, il est exposé à plusieurs causes d'erreurs ; on sait notamment que l'eau s'élimine très-vite par les urines et peut-être aussi par d'autres sécrétions, circonstance qui peut altérer notablement les résultats obtenus ; Valentin évite, du reste, en partie cet inconvénient par l'emploi de l'eau salée pour l'injection. Voici quelques-uns des nombres qu'il a obtenus par ce procédé, le poids total du corps de l'animal étant toujours pris pour unité :

| | |
|---|---|
| Chien | 1/4,5 |
| Mouton | 1/5 |
| Chat | 1/7 |
| Lapin | 1/6 |

Il est facile de voir que ces nombres sont beaucoup plus élevés que ceux obtenus par Herbst.

Welcher emploie encore pour évaluer la quantité de sang totale contenue dans l'organisme un procédé différent des deux précédents. Il commence d'abord par extraire du corps de l'animal tout le sang qu'il peut en retirer par hémorrhagie ; puis il lave soigneusement tous les tissus et il obtient ainsi

Digitized by Google

une eau de lavage dont il apprécie la richesse en sang en comparant sa teinte à celle de mélanges artificiels d'eau et de sang dont il connaissait les proportions. Cette méthode a été particulièrement appliquée sur des animaux différents des précédents et qui ont beaucoup moins de sang qu'eux. Voici quelques nombres obtenus par Welcher et calculés pour 100 parties de chair :

| | |
|---|---|
| Perche | 1,07 |
| Tanche | 1,87 |
| Grenouille | 5,81 |
| Lézard | 5,96 |
| Souris | 8,00 |
| Oiseau | 8,49 |

Enfin Bischoff, en opérant sur un supplicié par la même méthode, a obtenu 5 kilogrammes de sang, ce qui représentait 1/13 du poids total du corps.

Ces différentes expériences fournissent des indications qui ne doivent certainement pas être négligées. Mais il ne faut pas attacher une trop grande importance à trouver des méthodes d'une exactitude rigoureuse pour évaluer les quantités du sang contenues dans l'organisme. Ce que nous devons chercher avant tout, c'est le phénomène physiologique exact auquel répond une certaine détermination. Or, à ce point de vue, il est certain que les quantités de sang sont très-variables chez le même individu, suivant les circonstances dans lesquelles il se trouve. Il y a d'abord certains états physiologiques qui influent beaucoup sur la quantité du sang; ainsi, le même animal contient énormément plus de sang en digestion qu'à jeun. D'un autre côté, les animaux très-volumineux ont relativement beaucoup moins de sang que les animaux plus petits, de sorte que calculer les expériences par kilogramme d'animal et rapporter les quantités de sang obtenues au poids total du corps, c'est bien plutôt introduire des causes d'erreurs nouvelles qu'élucider la question.

Outre la digestion et le jeûne, il y a l'abstinence complète. Dans ce dernier état l'animal se nourrit de son propre sang. En effet, les herbivores deviennent carnivores après la digestion, et alors leurs urines et leurs sécrétions intestinales présentent toujours une réaction acide. La nutrition est continue; mais la digestion est momentanée, et, une fois qu'elle est terminée, tous les animaux sans distinction se nourrissent également de leur sang et par conséquent sont carnivores. L'animal qui meurt d'inanition meurt donc en réalité par usure du sang, par une sorte d'hémorrhagie lente intérieure; aussi trouve-t-on à peine quelques gouttes de sang dans les vaisseaux lorsqu'on fait l'autopsie et peut-on souvent prolonger la vie de l'animal en lui rendant du sang par transfusion.

En résumé, plus on s'éloigne de la digestion et plus la quantité de sang diminue dans l'organisme. On peut citer à ce sujet les expériences de M. Collard de Martigny qui opérait sur les lapins d'une même portée, tous nourris avec les mêmes substances et par conséquent aussi comparables que possible. Il les soumet à une abstinence complète pour les sacrifier successivement par le même procédé, la section de la tête, l'un après trois jours d'abstinence, l'autre après sept jours, le dernier après dix. Voici les quantités de sang qu'il a obtenues ainsi; il ne donne pas le poids des animaux sur lesquels il opérait :

| | |
|---|---|
| Lapin normal | 30 gr. |
| Lapin ayant subi 3 jours d'abstinence. | 20 |
| — 7 jours d'abstinence. | 13 |
| — 10 jours d'abstinence. | 7 |

Ce qui serait peut-être le plus important à déterminer dans tout ceci, ce serait la quantité de sang maximum qui se trouve au moment de la digestion.

Nous avons vu que le sang des vertébrés était rouge; le sang des invertébrés présente quelquefois aussi cette coloration; mais elle tient alors à d'autres causes, et nous voulons parler ici exclusivement du sang des vertébrés. La coloration rouge de ce sang n'est pas toujours uniforme; tantôt il est rouge vermeil, et on l'appelle alors sang rouge; tantôt, au contraire, il est d'un rouge tirant sur le noir, et on l'appelle alors sang noir.

On a quelquefois attaché trop d'importance à cette différence de coloration, et Bichat notamment distinguait complétement ces deux liquides sanguins et tous les organes concernant à chacun d'eux. Il importe donc de déterminer à quoi est due cette couleur du sang et les variations qu'elle présente.

Remarquons d'abord que la différence de coloration du sang rouge et du sang noir n'existe pas à toutes les époques du développement, et qu'elle peut se modifier dans une foule de circonstances. Ainsi on ne l'observe pas chez les fœtus des mammifères, et c'est par pure convention que l'on teinte les veines ombilicales en noir et les artères en rouge. Nous avons toujours constaté, en ouvrant des fœtus qui tenaient encore à l'abdomen maternel, que tous les vaisseaux présentaient la même coloration. La différence de couleur ne commence à se produire qu'avec la respiration pulmonaire. On ne trouve également aucune différence de coloration entre les veines et les artères chez les oiseaux en observant le champ germinal, et pas davantage chez les poissons quand on les examine à l'aide du microscope, ce qui permet de suivre les détails de la circulation et de distinguer les veines des artères, mais par d'autres caractères que ceux de la couleur.

Chez les adultes, au contraire, la distinction existe, et tout le monde sait que la différence de coloration se produit dans les vaisseaux capillaires, le sang rouge s'y transformant en sang noir. Le siége du sang noir est le système veineux général, le cœur droit, le système de la veine porte et les artères pulmonaires; le sang rouge remplit les artères en général et les veines pulmonaires. Mais cette distinction n'est pas aussi radicale que le croyait Bichat. En effet, dans certaines circonstances, les vaisseaux qui devaient contenir du sang noir en contiennent, au contraire, du rouge. Cela prouve que ces différences de coloration ne dépendent pas de la constitution ou des propriétés des vaisseaux, mais tiennent à des conditions physico-chimiques particulières, qui peuvent varier dans certains cas.

Nous disons que l'on trouve quelquefois du sang rouge dans des vaisseaux qui, normalement, devraient contenir du sang noir. Cela est facile à observer, par exemple, chez les marmottes en état d'hibernation et chez les animaux hibernants; le circulation est alors fort ralentie, les battements du cœur sont très-rares et les veines contiennent du sang aussi rouge que celui des artères. M. Claude Bernard a constaté les mêmes phénomènes chez les loirs qui sont aussi des animaux hibernants, car ce sont particulièrement les rongeurs qui présentent cette particularité physiologique si intéressante. Il a également constaté que le sang veineux des grenouilles est également rouge pendant l'hiver quand elles sont profondément engourdies par le froid; et chez les poissons plongés dans l'eau glacée il est facile de remarquer que le sang présente absolument la même teinte avant et après les branchies. Tous ces résultats tiennent au refroidissement que subissent

Digitized by Google

ces animaux, et l'on peut facilement le prouver en comparant deux grenouilles, l'une à l'état ordinaire et l'autre refroidie au moyen de la glace : celle-ci présente tous les phénomènes constatés sur les animaux en hibernation.

Mais il y a encore des conditions physiologiques autres que l'hibernation, et dans lesquelles le sang devient naturellement rouge, quoiqu'il ait dû être noir d'après la distinction faite par Bichat. Ainsi dans des expériences relatives à l'élimination par les reins, M. Claude Bernard remarqua, en opérant sur des lapins dont les vaisseaux ont des parois très-peu épaisses, que l'artère et la veine rénales présentaient la même couleur, bien que la veine cave, placée tout à côté, fût très-noire. Ce phénomène n'avait pas encore attiré l'attention, parce que l'on était dominé par cette idée qu'il y avait une différence profonde entre les artères et les veines, au point de vue de la coloration du sang.

Quoiqu'il en soit, ce fait devait paraître singulier, car la veine rénale ne présentait rien de particulier qui pût l'expliquer; et, par excès de précaution, M. Claude Bernard répéta l'observation un certain nombre de fois, craignant que la coloration de la veine ne tînt aux injections de prussiate de potasse qu'il avait pratiquées. Il put ainsi établir un rapport entre l'état de repos ou de sécrétion des reins et la couleur du sang de la veine rénale. Le rein est généralement représenté d'un noir bleuâtre; mais c'est là un rein cadavérique; le rein physiologique en fonction est toujours rutilant.

M. Claude Bernard entreprit alors des expériences du même genre sur d'autres glandes, notamment sur le pancréas et surtout les glandes salivaires. A l'état de repos, le tissu de ces glandes présente une coloration jaune, et, à l'état de fonction, non pas une coloration rouge comme celle des reins, mais une coloration rosée. Voilà donc un fait très-spécial qui s'est généralisé, car les observations faites par M. Claude Bernard sur les reins, le pancréas et les glandes saliavires, peuvent être étendues aux autres glandes de l'organisme.

Les veines des membres peuvent aussi, dans certaines circonstances, contenir du sang rouge. A l'état normal, ce sang est noir, et c'est même lui, d'ordinaire, qui présente la coloration la plus foncée. Quand le muscle est en contraction, c'est-à-dire en fonction, le sang veineux qui en sort est très-noir; c'est donc précisément le contraire de ce que nous avons constaté pour les glandes, et la même opposition se continue relativement aux autres phénomènes qui accompagnent la coloration noire du sang. Toutes ces expériences peuvent facilement se faire sur la veine intérieure de la cuisse d'un animal assez gros, comme un chien par exemple.

Mais, si l'on coupe les nerfs du muscle observé, ce muscle se relâche aussitôt, et le sang des veines qui en sortent devient immédiatement rouge. L'influence du relâchement du muscle sur la coloration du sang veineux a, du reste, été constatée depuis longtemps, et Hunter cite déjà beaucoup d'observations de sang veineux rouge faites dans des cas de syncope. Il était, du reste, facile de remarquer que les veines n'étaient plus bleues comme d'ordinaire. Il arrive aussi quelquefois, dans la première période la fièvre inflammatoire et dans les dernières périodes de la fièvre typhoïde, que le sang veineux devient également rouge, circonstance qui a, plus d'une fois, beaucoup effrayé les médecins qui pratiquent des saignées, en leur faisant croire qu'ils avaient lésé une artère, et cela avec d'autant plus d'apparence de raison que, dans ces circonstances, les veines deviennent souvent pulsatiles comme les artères elles-mêmes. On sait maintenant que toutes ces circonstances pathologiques se rapportent à un fait que l'on peut produire artificiellement avec toutes ses conséquences, la paralysie du système nerveux vaso-moteur.

Il y a donc de très-nombreuses exceptions à la règle posée par Bichat, et il est impossible, au point de vue physiologique, de faire une distinction radicale entre le sang artériel et le sang veineux, comme on peut le faire, au point de vue anatomique, entre les artères et les veines.

La différence de coloration du sang artériel et du sang veineux ne tient point à des conditions constantes. Au fond, il n'y a qu'un seul sang, et les différences qu'il présente, suivant les endroits où on le considère, tiennent simplement à l'influence de conditions physico-chimiques variables. C'est là un exemple des erreurs où peuvent entraîner les classifications toutes faites et des difficultés qu'elles présentent. De même que Bichat distinguait deux ordres de vaisseaux et deux sangs différents l'un de l'autre, il admettait aussi deux systèmes nerveux, deux systèmes musculaires, etc. Mais toutes ces idées sont inadmissibles aujourd'hui en physiologie générale.

Le sang est rouge ou noir, sous l'influence de certaines conditions physico chimiques qui peuvent se rencontrer partout. Remarquons d'abord que la coloration rouge du sang ne tient pas au plasma ou serum qui tient la fibrine en dissolution et présente toujours la même teinte; cette coloration tient exclusivement aux globules, et dans les globules eux-mêmes elle dépend de la présence de l'oxygène ou plutôt de l'absence d'acide carbonique; plus les globules contiennent d'oxygène et plus le sang est rouge. Lorsqu'on met du sang noir dans un flacon et qu'on l'agite avec l'air il devient bientôt rutilant, absolument comme le sang pris dans le cœur gauche. Les choses se passent de même dans l'organisme, et c'est le poumon qui est chargé de mettre ainsi le sang en contact avec l'air pour lui faire recouvrer sa couleur vermeille.

Le sang rouge redevient noir dans l'intérieur de l'organisme, et pour cela il faut non-seulement que les globules perdent leur oxygène, mais encore qu'elles absorbent de l'acide carbonique, car des expériences récentes ont montré que lorsqu'on déplace simplement l'oxygène par l'oxyde de carbone le sang ne devient jamais tout à fait noir.

Comment se fait ce passage du sang à la coloration noire? Il s'opère d'abord tout seul, car le sang abandonné à lui-même dans une éprouvette redevient graduellement noir, les globules transformant leur oxygène en acide carbonique. La température exerce une influence considérable sur ce phénomène. En effet, si nous soumettons ce flacon à une température de 38 degrés ou 40 degrés, ce qui est la température normale du corps, le sang qu'il contient redevient noir très-vite. Si, au contraire, nous le plongeons dans de la glace à 0 degré (le sang ne se congèle qu'à une température un peu plus basse) il pourra rester rutilant pendant plusieurs semaines.

Supposons maintenant que cette dernière condition se réalise dans l'organisme vivant, et nous aurons du sang artériel qui restera rouge. C'est ce qui arrive chez les marmottes et les autres animaux hibernants. En effet, M. Claude Bernard a observé, en enfonçant des thermomètres dans le rectum des marmottes, une température de 4 degrés ou même de 3 degrés seulement + 0, et Valentin dit que cette température peut

Digitized by Google

s'abaisser jusqu'à 2 degrés comme limite extrême. L'animal placé dans ces conditions ne dépense plus que très-lentement sa provision d'oxygène, et il peut vivre ainsi en hiver dans un milieu qui le tuerait très-rapidement en été. Les mêmes phénomènes de refroidissement s'observent chez les grenouilles hibernantes, chez les poissons, etc.

Au contraire, si nous échauffons un animal, sa consommation d'oxygène augmente beaucoup, et le sang devient noir très-rapidement. Ainsi lorsque l'on élève à 35 degrés la température des grenouilles, leur sang devient noir presque à sa sortie du cœur. Un échauffement moins considérable suffit, du reste, pour colorer le sang en noir avant qu'il n'arrive dans les capillaires, et, en été, on peut quelquefois le constater sous la seule influence de l'élévation naturelle de la température ambiante. Mais, en général, cette teinte noire ne devient pas assez intense avant les capillaires pour pouvoir être facilement remarquée.

Les phénomènes que présentent le sang des glandes et des muscles s'expliquent aisément par les mêmes principes. La circulation du sang dans les divers organes et en particulier dans les glandes, est réglée par les filets vaso-moteurs du grand sympathique qui font contracter les vaisseaux sanguins, ralentissent ainsi le passage du sang et l'exposent plus longtemps à l'action des tissus dont la respiration lui donne une couleur noire en lui enlevant son oxygène.

On peut reproduire tout cela artificiellement en liant une artère : le sang y devient noir naturellement. En irritant les filets du grand sympathique, on augmente l'intensité de leur action sur les vaisseaux, lesquels se resserrent ainsi et s'opposent à la circulation du sang qui y devient noir également. Au contraire, en coupant le grand sympathique on provoque une dilatation notable des vaisseaux, et, le sang, circulant plus vite, reste exposé moins longtemps à l'action respiratoire des tissus, de manière qu'il possède encore sa couleur vermeille en sortant des vaisseaux artériels. La couleur rouge que le sang veineux présente dans la fièvre typhoïde tient aussi à l'élargissement des vaisseaux résultant de la paralysie du système nerveux produite par des influences pathologiques.

Dans toutes ces circonstances, le sang que contiennent les veines est à vrai dire du sang artériel, car il présente même des pulsations comme on peut le constater en ouvrant la veine labiale coronnaire d'un cheval qui a subi la section du grand sympathique. On arrête du reste tous ces phénomènes en irritant le bout du nerf coupé.

Le système nerveux exerce donc une grande influence sur la coloration du sang ; mais ce n'est qu'une influence indirecte et il n'y a jamais au fond que des actions mécaniques. On peut s'en convaincre facilement en étudient la marche des sécrétions.

En résumé, le physiologiste doit faire comme le physicien, expliquer les phénomènes de la vie, de même que l'autre explique les phénomènes de la nature brute, en étudiant les circonstances variables qui les accompagnent. Les anatomistes voudraient toujours donner un cadre anatomique aux phénomènes physiologiques, et l'on voit par le point de vue auquel nous venons de considérer le sang, à combien d'erreurs peut entraîner une pareille tendance.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE.

#### Acide phosphorique.

L'acide phosphorique est connu à l'état anhydre $PhO^5$, et forme avec l'eau trois hydrates dont les formules sont :

$$PhO^5,HO\,;\ —\ PhO^5,2HO\,;\ —\ PhO^5,3HO.$$

*Acide anhydre.* — C'est un corps solide, fixe, en flocons blancs comme de la neige. Il a pour l'eau une avidité extrême; il tombe en *deliquium* dès qu'il est exposé à l'air et produit, en tombant dans l'eau, le même sifflement qu'un fer rouge. Une fois hydraté, la chaleur ne peut lui enlever l'eau à laquelle il est combiné. Il ne se combine pas aux bases. Sa solution colore en rouge pelure d'oignon la teinture de tournesol, ce qui est le caractère des acides forts. Pour donner une idée de la manière dont le corps se forme, il suffit de faire brûler du phosphore sous cette cloche, reposant sur une assiette et remplie d'air préalablement desséché par quelques fragments de chlorure de calcium. Le phosphore est placé sur une petite coupelle de terre; tant qu'il y a de l'oxygène sous la cloche, il brûle avec une épaisse fumée blanche formée de flocons d'acide phosphorique qui se condensent peu à peu sur les parois du vase. Quand on veut préparer cet acide en quantités notables, on a recours à l'appareil de Lalande, qui est fondé sur le même principe. L'air, injecté dans l'appareil à l'aide d'un soufflet, se dessèche d'abord dans une éprouvette à chlorure de calcium, et se rend dans un ballon sur le phosphore porté au rouge dans un petit creuset de terre, qui est suspendu, par le moyen d'un fil de fer, à l'extrémité d'un tube de porcelaine. Ce ballon porte une tubulure à sa partie inférieure et une autre latérale; c'est par cet orifice que l'acide phosphorique vient se condenser dans des flacons à ce destinés. On commence l'opération en faisant tomber dans le creuset, par le tube de porcelaine, un fragment de phosphore qu'on enflamme avec une longue tige de fer dont l'extrémité est portée au rouge, et l'on bouche le tube.

*Hydrates d'acide phosphorique.* — L'acide azotique ne forme, avec chaque base, qu'un seul sel $MO,AzO^5$, tandis que l'acide sulfurique peut en fournir deux. On a donc :

| | |
|---|---|
| Acide sulfurique... ..... | $2HO,S^2O^6$ |
| Sulfates *dits* bisulfates..... | $(MO,HO),S^2O^6$ |
| Sulfates *dits* neutres..... ... | $2MO,S^2O^6$. |

Or, l'acide phosphorique anhydre peut fournir trois hydrates constituant trois acides doués d'une basicité différente, comme l'ont fait voir les beaux travaux de M. Graham. Le premier hydrate $PhO^5,HO$ ne donne avec chaque base MO, qu'un seul sel $MO,PhO^5$; il est donc analogue à l'acide azotique; c'est l'acide *métaphosphorique*. Le second $PhO^5,2HO$, fournit, avec les bases en excès, des sels qui ont pour formule : $PhO^5,2MO$. Si la base est en quantité insuffisante, un équivalent d'eau peut prendre la place d'un des deux équivalents de base, $MO,HO,PhO^5$. Cet acide, bibasique comme l'acide sulfurique,

(1) Voy. les nos 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'*eau*), 23, 28, 31 (confér. de M. Riche, sur l'*air*), 36, 39, 41, 43, 44, 47, 48, 49 et 50.

Digitized by Google

se nomme l'acide *pyrophosphorique*. Enfin, le troisième acide $PhO^5,3HO$, en présence d'un excès de base, donne des sels qui renferment trois fois plus de base que les premiers, $3MO,PhO^5$. Si la base est en quantité insuffisante, cet acide fournit deux autres sels qui ont la composition suivante : $(2MO,HO)PhO^5$ — $(MO,2HO)PhO^5$. Il est donc tribasique. C'est l'acide paraphosphorique. C'est en lui que se résolvent toujours les hydrates précédents, quand ils sont abandonnés en présence de l'eau et des bases; aussi l'appelle-t-on l'acide *phosphorique ordinaire*, ou simplement l'acide *phosphorique*.

*Acide phosphorique ordinaire*. $PhO^5,3HO$. — *Cet acide est tribasique*. Nous savons que quand on traite le phosphate de chaux des os $3(CaO),PhO^5$ par l'acide sulfurique, il se change en un autre phosphate $(CaO,2HO)PhO^5$. Quand on traite ce sel par du carbonate de soude, il se forme un précipité qui contient toute la chaux et une liqueur dont la formule brute est : $2NaO,PhO^5 + 25HO$; et sa formule rationnelle $(2NaO,HO)$, $PhO^5 + 24HO$. Car à 100, et même à 200 degrés, ce sel ne perd que 24 équivalents d'eau. En outre, le sel desséché $(2NaO,HO)PhO^5$, mis en présence de l'eau, fixe de nouveau 24 équivalents et reforme des cristaux identiques avec ceux qu'on avait avant la dessiccation. On admet que ces 24 équivalents d'eau sont de l'eau de *cristallisation*. Au rouge, le composé $(2NaO,HO)PhO^5$ perd son équivalent d'eau; mais alors le sel primitif ne prend plus naissance au contact de l'eau. Cette eau faisait donc *partie* du sel; c'est de l'eau de *constitution*, de l'eau *basique;* ce qui est confirmé par la réaction du phosphate $(2NaO,HO)PhO^5,24HO$ sur le nitrate d'argent, car l'oxyde d'argent remplace non-seulement la soude, mais encore cet équivalent d'eau.

$$(2NaO,HO)PhO^5 + 3AgO,AzO^5 = 3AgO,PhO^5 + 2(NaO,AzO^5) + AzO^5HO.$$

Il se forme un précipité jaune de phosphate d'argent. La liqueur, primitivement alcaline, devient fortement acide, parce qu'il s'est formé un équivalent d'azotate d'eau (acide azotique). Si l'on ajoute un excès d'acide phosphorique au sel précédent, on obtient par la concentration de la liqueur, un second phosphate dont la formule brute est : $NaO,PhO^5 + 4HO$, mais qui a pour formule rationnelle : $(NaO,2HO)PhO^5 + 2HO$. Car si on le traite par le nitrate d'argent, il se produit la réaction suivante :

$$(NaO,2HO)PhO^5 + (AgO,AzO^5) = 3AgO,PhO^5 + 2AO^5,HO + NaO,AzO^5.$$

On obtient encore un précipité jaune et une liqueur acide. Si l'on fait l'inverse, c'est-à-dire si l'on traite la dissolution du premier phosphate $(2NaO,HO)PhO^5 + 24HO$ par du carbonate de soude, on obtient des cristaux ayant la composition suivante :

$$3NaO,PhO^5 - 24HO.$$

Ce sel ne contient pas d'eau de constitution, car, traité par l'azotate d'argent, il fournit la réaction suivante :
$3NaO,PhO^5 + 24HO + 3(AzO,AzO^5) = 3AzO,PhO^5 + 3(NaO,AzO^5) + 24HO$. La liqueur alcaline avant l'expérience, devient parfaitement neutre. Ces trois réactions nous montrent donc : 1° que ces trois sels renferment le même acide phosphorique; 2° que cet acide s'unit à trois équivalents de base; 3° que, dans certaines circonstances, l'eau peut jouer, vis-à-vis des acides, le rôle de *base*, qu'elle est *basique*.

L'acide phosphorique ordinaire s'obtient en chauffant, dans une cornue de verre, 1 partie de phosphore et 15 parties environ d'acide azotique, étendu de la moitié de son volume d'eau. Lorsque tout le phosphore a disparu, on décante le liquide de la cornue dans une capsule de platine et on le concentre. Quand il a été amené à consistance sirupeuse, on l'abandonne sous une cloche avec de l'acide sulfurique, et l'on obtient des cristaux déliquescents ayant pour formule : $PhO^5,3HO$. On obtient encore cet acide en traitant le perchlorure de phosphore par l'eau :

$$PhCl^5 + 8HO = PhO^5,3HO + 5HCl.$$

On chasse l'acide sulfurique en concentrant la liqueur par la chaleur.

*Acide pyrophosphorique* $PhO^5,2HO$. — Cet acide est bibasique; car si l'on calcine au rouge le phosphate primitif $2NaO,HO,PhO^5 + 24HO$, ce sel perd ses 25 équivalents d'eau et fournit un composé qui, mis au contact de l'eau, s'hydrate et donne un nouveau phosphate qui a pour formule :

$$2NaO,PhO^5 + 10HO.$$

C'est bien sa véritable formule, car, traité par le nitrate d'argent, il donne un précipité blanc qui a pour composition $2AgO,PhO^5$. La réaction est la suivante :

$$2NaO,PhO^5 + 10HO + 2(AgO,AzO^5) = (2AgO,PhO^5) + 2(NaO,AzO^5) + 10HO.$$

La liqueur, alcaline avant l'expérience, est neutre après la réaction. Si l'on ajoute un excès d'acide phosphorique à la dissolution, on obtient, par évaporation de la liqueur, des cristaux qui ont pour formule brute : $NaO,PhO^5 + HO$, mais dont la formule rationnelle est : $(NaO,HO)PhO^5$. Car il fournit, avec l'azotate d'argent, le même phosphate d'argent que le sel précédent, et un équivalent d'acide azotique libre :

$$(NaO,HO)PhO^5 + 2(AgO,AzO^5) = 2AgO,PhO^5 + NaO,AzO^5 + Az,O^5HO.$$

L'acide pyrophosphorique s'obtient en traitant un des deux phosphates de soude dont nous venons de parler, par un sel de plomb dissous. Il se forme du pyrophosphate de plomb $2PbO,PhO^5$, qu'on lave avec soin et qu'on met en suspension dans l'eau. On dirige ensuite dans la masse un courant d'acide sulfhydrique qui fournit une dissolution d'acide pyrophosphorique :

$$2PbO,PhO^5 + 2HS = 2PbS + 2HO,PhO^5.$$

M. Péligot a obtenu, par l'évaporation de cette liqueur à basse température, des cristaux de la formule $PhO^5 2HO$. Cet hydrate est peu stable : la calcination le transforme en acide métaphosphorique $PhO^5,2HO$. Au contact de l'eau et des bases, il se transforme rapidement en acide phosphorique ordinaire $PhO^5,3HO$.

*Acide métaphosphorique* $PhO^5HO$. — Cet acide est monobasique. Si l'on calcine le phosphate $NaO,2HO,PhO^5 + 2HO$, ou le pyrophosphate $NaO,HO,PhO^5$, on obtient un sel déliquescent qui a pour formule $NaO,PhO^5$, car traité par l'azotate d'argent, il donne un précipité blanc de phosphate d'argent $AgO,PhO^5$.

$$NaO,PhO^5 + AgO,AzO^5 = AgO,PhO^5 + NaO,AzO^5.$$

Cet acide s'obtient en calcinant au rouge, dans un creuset de platine, les deux autres hydrates ou plus simplement le phosphate d'ammoniaque du commerce. L'acide obtenu constitue une masse incolore, semblable à du verre fondu. Quand on veut obtenir simplement une dissolution de cet acide, on dissout dans l'eau l'acide phosphorique anhydre, qui fixe bientôt un, puis deux équivalents d'eau. Cet hydrate étant indécomposable par la chaleur, chasse, l'acide azotique, l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique lui-même.

Les trois hydrates dont nous venons de parler se distinguent par les caractères suivants : l'acide métaphosphorique dissous

Digitized by Google

coagule l'albumine et précipite en blanc l'oxyde de baryum. Les deux autres ne précipitent ni l'albumine ni le chlorure de baryum; on les distingue en versant du nitrate d'argent dans leur solution préalablement saturée par une base : l'acide ordinaire donne un précipité jaune, et l'acide pyrophosphorique un précipité blanc.

*Composition de l'acide phosphorique anhydre et de ses hydrates.* — M. Schrotter a déterminé la composition de l'acide phosphorique anhydre en faisant passer un courant d'oxygène sec sur un poids connu de phosphore rouge. 31 de phosphore absorbent 40 d'oxygène, c'est-à-dire 5 équivalents pour faire 71 d'acide phosphorique. Donc, la formule la plus simple est $PhO^5 = 71$. On dose l'eau dans les hydrates d'acide phosphorique par le procédé indiqué pour l'acide azotique. Si l'on rapporte leur composition à $PhO^5 = 71$, on trouve que :

| | | |
|---|---|---|
| L'acide métaphosphorique a pour formule... | | $PhO^5,HO = 80$ |
| — pyrophosphorique | — | $PhO^5,2HO = 89$ |
| — phosphorique ordinaire | — | $PhO^5,3HO = 98$. |

### Acide phosphoreux.

L'acide phosphoreux se forme toutes les fois que le phosphore brûle en présence d'une quantité d'air insuffisante, ce qui arrive quand on chauffe ce corps dans un tube de verre effilé; on obtient ainsi des flocons blancs d'acide phosphoreux qui prennent feu si l'air intervient en plus grande quantité. On le prépare facilement en combinaison avec l'eau, au moyen du protochlorure $PhCl^3$:

$$PhCl^3 + 6HO = PhO^3,3HO + 3HCl.$$

On chauffe la liqueur vers 50 ou 60 degrés, jusqu'à une consistance sirupeuse, et l'on termine l'évaporation dans le vide. On obtient une masse cristalline, qui est l'hydrate $PhO^5,3HO$. Si l'on cherche à le concentrer davantage, il se décompose en acide phosphorique et en hydrogène phosphoré. La propriété caractéristique de cet acide est son avidité pour l'oxygène; il enlève ce gaz, même à l'acide sulfureux, et se transforme en acide phosphorique. Il s'unit aux bases et forme des phosphites qui ont pour formule : $2MO,HOPhO^3$ — $(MO,HO)HOPhO^3$. M. Wurtz a proposé de représenter l'acide phosphoreux hydraté par la formule $PhO^4H,2HO$, pour expliquer cette particularité.

### Acide hypophosphorique ou phosphatique.

C'est un mélange d'acide phosphorique et d'acide phosphoreux qu'on prépare en introduisant des bâtons de phosphore dans des tubes de verre, effilés à la partie inférieure, placés dans un entonnoir qui repose sur un flacon contenant de l'eau jusqu'à la douille de l'entonnoir. Cet appareil est disposé sur une assiette, dans une cloche en verre munie de deux ouvertures latérales.

### Acide hypophosphoreux.

On ne connaît cet acide qu'à l'état d'hydrate. Quand on fait bouillir du phosphore avec une solution de potasse, de soude, de baryte, l'eau est décomposée et le phosphore s'unit aux deux éléments; il en résulte de l'hydrogène phosphoré et un hypophosphite qui reste en dissolution. Si l'on veut obtenir l'acide hypophosphoreux lui-même, il faut employer la baryte; on traite l'hypophosphite de baryte par une dissolution faible d'acide sulfurique, jusqu'à ce que le précipité de sulfate de baryte cesse de se former, et l'on évapore doucement à consistance sirupeuse. Sa composition est $PhO,3HO$. C'est un liquide incolore, visqueux, destructible par la chaleur, d'une oxydabilité très-grande, et qui est le trait saillant de son histoire. Il réduit un grand nombre d'oxydes métalliques; il décompose, sous l'influence de la chaleur, l'acide sulfureux et l'acide sulfurique, et il en précipite le soufre. C'est un acide monobasique. Sous l'influence des bases, deux de ses équivalents d'eau restent unis aux éléments du sel, de sorte que les hypophosphites ont pour expression générale : $PhO2HO,MO$. Aussi M. Wurtz a-t-il proposé de représenter l'acide hypophosphoreux par la formule : $PhH^2O^2,HO$ qui rendrait compte de la réaction sur les bases.

### Phosphures d'hydrogène.

Il existe trois phosphures d'hydrogène :

| | |
|---|---|
| Un phosphure d'hydrogène solide.... | $Ph^2H$. |
| Un phosphure d'hydrogène liquide... | $PhH^2$. |
| Et un phosphure d'hydrogène gazeux. | $PhH^3$. |

La préparation de ces divers composés exige l'emploi d'une substance nommée *phosphure de chaux* ou *phosphure de calcium*. Pour l'obtenir, on dirige de la vapeur de phosphore sur de la chaux portée au rouge. La meilleure manière d'opérer consiste à placer, dans le fond d'un grand creuset de terre, un petit creuset de porcelaine contenant du phosphore qui y a été fondu d'avance sous un peu d'eau. On écoule cette eau, on met le couvercle du creuset de porcelaine et l'on remplit le creuset de terre de bâtons de craie récemment calcinés. On place ce creuset dans un fourneau dont la grille est percée; de cette façon le creuset repose sur le fond du fourneau et le phosphore se trouve dans le cendrier, c'est-à-dire à une hauteur moindre que celle de la grille. On porte d'abord la chaux au rouge vif, puis on met quelques charbons dans le cendrier de manière à distiller lentement le phosphore. L'opération terminée, on trouve dans le creuset une matière brune qui conserve la forme de la craie, et qui renferme outre du phosphure de calcium $PhCa^2$, de la chaux et du phosphate de chaux.

*Phosphure d'hydrogène liquide $PhH^2$.* — C'est un liquide incolore, qui se congèle dans un mélange de glace et de sel, et d'une instabilité très-grande; une température de 30 degrés, la lumière diffuse, l'influence du temps dans une obscurité profonde, le contact d'un grand nombre de corps, le détruisent. Il se forme dans ces circonstances du phosphure solide et du phosphure gazeux :

$$5PhH^2 = Ph^2H + 3PhH^3.$$

Ce liquide est spontanément inflammable à l'air, et des traces de ce corps, introduites dans des gaz combustibles, l'hydrogène, l'oxyde de carbone, etc., leur communiquent cette propriété. On le prépare en décomposant le phosphure de calcium par l'eau :

$$PhCa^2 + 2HO = PhH^2 + 2CaO.$$

Toutefois la réaction est plus compliquée; il se produit en outre du phosphure gazeux, du phosphure solide, de l'hydrogène et de l'hypophosphite de chaux.

$$5PhH^2 = Ph^2H + 3PhH^3.$$
$$PhH^2 + CaO,HO = H^3 + CaO,PHO.$$

L'appareil se compose d'un vase de 1 litre 1/2, à trois tubulures, et contenant de l'eau chauffée à 40 ou 50 degrés dans un bain-marie. L'une des tubulures communique avec un tube cinq fois recourbé et présentant la forme d'un V; ce tube porte à son extrémité trois petites ampoules, et la partie en forme de V est placée dans un mélange de glace et de sel,

Digitized by Google

L'autre tubulure est munie d'un tube abducteur plongeant dans un vase rempli d'eau, et dans laquelle se dégage le gaz, lorsqu'à la fin de l'opération le tube refroidi se bouche, par suite de la congélation de l'eau et du phosphure qui s'y sont condensés. Enfin la tubulure du milieu porte un large tube par lequel on fait tomber les bâtons de phosphure. L'opération doit être faite dans une obscurité profonde, et conduite avec une rapidité telle qu'en un quart d'heure ou vingt minutes on ait introduit 150 à 300 grammes de phosphure. Elle s'arrête d'elle-même par l'obstruction du tube. A ce moment on détache le tube, on bouche l'ouverture qui pénétrait dans le flacon avec le doigt recouvert d'une plaque de caoutchouc double ou triple, et l'on ferme à la lampe la pointe effilée. On chauffe avec la main la partie du tube qui était dans le mélange de glace et de sel; le phosphure fond, ainsi qu'une partie de la glace. On plonge de nouveau le tube dans le mélange refrigérant pour résolidifier l'eau, puis en inclinant le tube on fait passer successivement le phosphure liquide dans les ampoules qu'on ferme à la lampe. Au moment où l'on fait tomber le phosphure dans le flacon, le gaz se produit, prend feu et brûle avec explosion.

*Phosphure d'hydrogène solide $Ph^2H$.* — C'est un corps jaune insoluble dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther; une chaleur supérieure à 180 degrés le résout en phosphore et en hydrogène; il prend feu à 100 degrés dans l'air et se change en acide phosphorique et en eau.

On le prépare par la décomposition du phosphure liquide :

$$5PhH^2 = Ph^2H + 3PhH^3.$$

C'est M. Leverrier qui a signalé le premier son existence; il l'obtenait en abandonnant à la lumière des éprouvettes contenant le phosphure d'hydrogène spontanément inflammable, qui est un mélange du phosphure gazeux $PhH^3$ et du phosphure liquide $PhH^2$, et en recueillant la poudre jaune qui se séparait. Pour l'obtenir en assez grande quantité, on attaque le phosphure de calcium par l'eau, et l'on recueille le gaz dans un verre contenant de l'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau. La poudre recueillie est lavée à l'alcool, puis séchée à 100 degrés.

*Phosphure d'hydrogène gazeux $PhH^3$.* — C'est un gaz incolore, d'une odeur alliacée très-prononcée; sa densité est 1,185. L'eau en dissout environ un huitième de son volume; il est soluble dans l'alcool, l'éther et les essences. Il ne prend feu qu'à 100 degrés. A la température ordinaire, le chlore l'attaque avec énergie et l'enflamme. Cette expérience est fort dangereuse; il faut faire arriver le chlore, bulle à bulle, dans le phosphure, et ne pas ajouter une seconde bulle si la précédente n'a pas pris feu; autrement il pourrait en résulter une explosion des plus violentes. Ce gaz est absorbé par les solutions d'argent, de cuivre, etc.

Une faible quantité de bioxyde d'azote le rend spontanément inflammable. Ce gaz présente avec le gaz ammoniac des analogies remarquables; il réagit, en effet, sur certains chlorures anhydres tels que le chlorure d'étain, le perchlorure d'antimoine, en produisant des composés analogues à ceux que donne le gaz ammoniac. Avec l'acide bromhydrique et l'acide iodhydrique, il fournit des sels cristallisés en cubes, décomposables par l'eau, et formés, comme les sels ammoniacaux correspondants, de volumes égaux d'acide et de phosphure d'hydrogène.

Pour analyser ce corps, on commence par déterminer la proportion d'hydrogène libre qu'il contient, en l'agitant avec une solution de sulfate de cuivre, puis on procède à l'analyse dont voici les principes : 1° Le gaz est décomposé par du cuivre qui s'empare du phosphore; 2° l'hydrogène mis en liberté est dosé à l'état d'eau. Le gaz passe d'abord dans un premier tube de verre vert contenant du cuivre chauffé au rouge; on pèse le tube avant et après l'expérience; l'augmentation de poids donne le phosphore. L'hydrogène mis en liberté traverse ensuite un second tube, contenant de l'oxyde de cuivre chauffé au rouge. Il se forme de l'eau qui vient se condenser dans un tube en U rempli de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique : l'augmentation de poids de ce tube donne la quantité d'eau et par suite d'hydrogène. On a trouvé ainsi que 100 parties de ce phosphure contiennent :

| | |
|---|---|
| Phosphore | 91,18 |
| Hydrogène | 8,82 |
| | 100,00 |

Ses analogies avec le gaz ammoniac $AzH^3$ ont conduit les chimistes à lui donner la formule $PhH^3$ et par suite l'équivalent 34, car on a :

$$\frac{8,82}{91,18} = \frac{3}{x} = 31$$

et 31 est l'équivalent du phosphore.

Le meilleur moyen d'obtenir ce corps consiste à décomposer le phosphure liquide par l'acide chlorhydrique. A cet effet, on remplit aux trois quarts un flacon bitubulé, d'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau, et l'on fait tomber par un tube large des bâtons de phosphure de calcium.

$$5PhH^2 = Ph^2H + 3PhH^3.$$

On recueille le gaz sur la cuve à eau. On peut aussi décomposer par la chaleur l'acide phosphoreux hydraté :

$$4(PhO^3,3HO) = PhH^3 + 3(PhO,^3 3HO).$$

C'est ainsi que Davy obtint le premier ce phosphure.

Ed. Antelme, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

— La fin du cours au prochain numéro. —

## AVIS.

En même temps que le dernier numéro du mois de novembre, qui termine la deuxième année de notre publication, les abonnés recevront quatre tables : une par noms d'établissements, une par noms d'auteurs, une table analytique et très-détaillée par ordre alphabétique des matières, enfin une table générale et sommaire des matières contenues dans nos deux premières années. Nous enverrons également un titre, un faux titre et une couverture pour le brochage de l'année entière. Ce supplément au 52e numéro sera envoyé *franco* à nos abonnés, et vendu 30 centimes sur la voie publique.

Les abonnés dont l'époque de renouvellement échoit à la fin de novembre, et qui désirent, à cette occasion, changer les conditions de leur souscription, et profiter des avantages que leur présente, soit l'abonnement d'un an, s'ils ne sont abonnés qu'au semestre, soit la souscription aux deux *Revues des cours littéraires et scientifiques*, sont priés d'avertir immédiatement M. Germer Baillière, en lui envoyant un mandat sur la poste ou des timbres-poste.

Les abonnés qui d'ici au 25 novembre n'auront fait parvenir aucun avis au bureau de la *Revue* seront considérés comme désirant continuer leur abonnement dans les mêmes conditions; en conséquence, ils recevront par l'entremise d'un porteur, soit à Paris, soit dans les départements, une quittance analogue à celle qui leur a été déjà remise lors de leur première souscription.

A partir du numéro du 1er décembre, qui inaugurera notre troisième année, nos livraisons, sans changer de format, seront brochées avec couverture de couleur et imprimée. Cette amélioration importante nous permettra de donner une plus large place au texte dans l'intérieur du numéro. De plus, nous donnerons des figures toutes les fois que l'intelligence du texte les rendra nécessaires.

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

DEUXIÈME ANNÉE. — N° 52. UN NUMÉRO : 30 CENTIMES. 25 NOVEMBRE 1865.

# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

PHYSIQUE — CHIMIE — ZOOLOGIE — BOTANIQUE — ANATOMIE — PHYSIOLOGIE
GÉOLOGIE — PALÉONTOLOGIE — MÉDECINE

**Paraît tous les Samedis.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paris..... | Six mois. | 8 fr. | Un an. | 15 fr. |
| Départements.. | — | 10 | — | 18 |
| Étranger..... | — | 12 | — | 20 |

**Prix de l'abonnement avec la Revue des cours littéraires.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Six mois..... | Paris, 15 fr. | Départ., 18 fr. | Étranger, 20 fr. | |
| Un an..... | — 26 | — 30 | — 35 | |

M. EUG. YUNG
DIRECTEUR

M. ÉMILE ALGLAVE
CHEF DE LA RÉDACTION

On s'abonne
A LA LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
17, rue de l'École-de-Médecine,
Et chez tous les libraires, par l'envoi d'un bon de poste, ou d'un mandat sur Paris.

L'abonnement part du 1er décembre ou du 1er juin de chaque année.

### SOMMAIRE.

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS. — **Physiologie générale.** — Cours de **M. Claude Bernard** : Propriétés physiques du sang; sa température et sa coagulabilité.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS. — **Chimie minérale.** — Cours de **M. Riche** : L'arsenic et ses composés. — Le bore, le silicium et le carbone. — L'acide carbonique, l'oxyde de carbone et les carbures d'hydrogène. — Le cyanogène et l'acide cyanhydrique (fin du cours).

Paris, 24 novembre 1865.

La communication la plus importante faite lundi dernier à l'Académie des sciences, ce sont certainement les *études chimiques et physiologiques sur les vers à soie*, par M. Péligot. M. Péligot détermine et pèse exactement les substances minérales contenues dans les feuilles de mûrier qui servent à l'alimentation des vers à soie; il cherche ensuite ce que devient chacune de ses substances, et si l'animal n'en emprunte pas en même temps une certaine quantité à d'autres sources que ses aliments. Voici les principaux résultats de ces expériences très-délicates. L'azote des feuilles ingérées se retrouve exactement dans le corps de l'insecte et dans ses déjections, et l'on peut en conclure que le vers à soie, à l'état de larve, vit et se développe sans emprunter d'azote à l'air et sans en exhaler. Au contraire, le carbone, l'oxygène et l'hydrogène contenus dans les aliments pris par l'insecte ne se retrouvent qu'en partie dans ses tissus et ses déjections. Le carbone manquant a été transformé en acide carbonique et éliminé par la respiration; cette perte est assez considérable, puisque, pour 100 parties de carbone assimilées, il y en a 40 ou 50 exhalées dans l'atmosphère sous forme d'acide carbonique. Quant à l'oxygène et à l'hydrogène, les quantités assez considérables de ces gaz qui disparaissent semblent être entre elles dans les rapports voulus pour constituer de l'eau, de sorte que la perte de ces deux éléments peut vraisemblablement être attribuée à une exhalation d'eau produite dans les poumons en même temps que l'exhalation d'acide carbonique.

M. Velpeau a présenté encore divers travaux relatifs à la propagation et à la contagion du choléra. Enfin M. le docteur Burq a envoyé une note sur le traitement du choléra par les sels de cuivre, traitement dont il est l'inventeur. M. Lisle (de Marseille) a récemment rendu compte, dans un travail adressé à l'Académie, des heureux résultats qu'il avait obtenus avec les sels de cuivre administrés à des doses très-inférieures aux doses indiquées par M. Burq, et encore croit-il que ces doses réduites peuvent devenir toxiques lorsque l'activité de l'absorption commence à se rétablir. M. Burq maintient la nécessité des doses élevées qu'il a indiquées (de 2 à 10 centigrammes en potion concurremment avec 30, 40 ou 50 centigrammes en lavement), lorsqu'on est en présence d'un cas de choléra déjà un peu avancé, et par conséquent d'une absorption très-ralentie, comme cela arrive d'ordinaire dans la pratique civile. Il est, du reste, en mesure d'affirmer l'innocuité de pareilles doses, puisque, pendant son séjour à Toulon, il a pris chaque jour 30 à 35 centigrammes de sulfate de cuivre en lavement,—outre l'action d'une centaine de plaques de cuivre qu'il portait sur la peau, — sans en avoir éprouvé d'autre inconvénient qu'une constipation un peu prononcée.

La question du choléra paraît, du reste, sur le point d'entrer dans les voies de la médecine expérimentale. Une commission, composée de MM. Claude Bernard,



Digitized by Google

Dumas, Pelouze, Henri Sainte-Claire Deville et Pasteur, a été formée pour l'étudier, par les soins de l'administration municipale de Paris. Enfin, dans sa leçon du 16 novembre, ainsi que dans la dernière séance de la Société de biologie, M. Charles Robin a communiqué les résultats d'expériences importantes faites, d'après ses indications, dans le laboratoire d'histologie de la Faculté de médecine, par MM. Legros et Goujon, internes des hôpitaux. Il résulte de ces expériences que les déjections intestinales des cholériques introduites dans l'estomac ou dans les bronches, et le sérum du sang injecté dans les veines, déterminent chez les chiens des accidents spéciaux, cholériformes, ordinairement suivis de mort. Le sang et la surface de l'intestin offrent alors des altérations analogues à celles que l'on trouve à l'autopsie sur les cadavres des cholériques.

Nous publierons dans notre prochain numéro, — qui inaugurera la troisième année de la *Revue des cours scientifiques*, — des tracés représentant d'une manière exacte, et jour par jour, la marche du choléra à Paris pendant les épidémies de 1832, 1849 et 1853, ainsi que pendant l'épidémie actuelle.

Nous terminons aujourd'hui la seconde année de notre publication, et le succès que nous avons obtenu nous encourage à persister dans la même voie. Nous aurons donc toujours soin de faire une juste part aux cours suivis qui représentent l'ensemble d'une science et ses côtés les plus nouveaux, en même temps que nous donnerons de nombreuses conférences et leçons isolées empruntées aux soirées scientifiques de la Sorbonne et de la Faculté de médecine, aux Universités étrangères, à l'enseignement libre de Paris ou des départements, et aux chaires de l'État. Dès nos premiers numéros, nous publierons des cours nouveaux, et nous pouvons citer notamment des leçons de MM. Boussingault, Serres, Blanchard, Marey, Hoffman, Matteucci, Claude Bernard, Gavarret, etc.

Les soirées scientifiques de la Sorbonne doivent recommencer le 15 décembre prochain. Voici, d'après des renseignements que nous avons tout lieu de croire très-exacts, l'ordre et les sujets de ces conférences qui paraîtront toutes intégralement dans la *Revue*.

Le 15 décembre, M. *Bertrand :* Clairault et la mesure de la terre.

Le 22 décembre, M. *Gaudry :* Recherches paléontologiques aux environs d'Athènes.

Le 5 janvier, M. *Riche :* Du rôle de l'eau dans la nature; les eaux de Paris.

Le 12 janvier, M. *Haton de la Goupillère :* Histoire des machines à vapeur.

Le 19 janvier, M. *Troost :* Du laboratoire de chimie au XVIII^e siècle; Scheele.

Le 26 janvier, M. *Lecoq :* Volcans du centre de la France.

Le 2 février, M. *de Luynes :* La teinture.

Le 9 février, M. *Briot :* Les comètes.

La prospérité croissante de la *Revue* nous permet d'y introduire de nouvelles améliorations. Chaque livraison sera désormais brochée avec une couverture de couleur, ce qui permettra d'augmenter la place réservée au texte dans l'intérieur du numéro, et des figures viendront préciser et rendre plus lumineuses les descriptions des professeurs.

ÉMILE ALGLAVE.

---

## FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

## PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE (1).

### COURS DE M. CL. BERNARD

(de l'Institut).

### Température et coagulabilité du sang.

Nous devons examiner maintenant une des propriétés physiques les plus importantes du sang, la température; en effet, les propriétés physiologiques de ce liquide, soit dans leur existence, soit dans leur intensité, dépendent en grande partie des conditions physico-chimiques qu'il présente, et parmi ces conditions la température doit être placée au premier rang.

Parmi les êtres vivants, les uns ont une température propre, constante et assez élevée; les autres suivent toutes les variations de la température ambiante. Les végétaux sont tous dans ce dernier cas; c'est donc seulement parmi les animaux que nous devons faire cette distinction : les uns sont *à sang chaud*, c'est-à-dire que leur sang a une température propre, à peu près constante et indépendante des conditions extérieures; les autres sont appelés *à sang froid*, parce que leur sang s'échauffe ou se refroidit avec l'atmosphère ambiante, tout en se maintenant généralement à une température un peu supérieure.

L'intensité des phénomènes vitaux qui se passent chez les êtres organisés est en rapport avec l'élévation de la température du milieu intérieur ou du liquide nourricier, absolument comme l'intensité des phénomènes physico-chimiques qui se produisent dans la nature minérale est en rapport avec le degré de la température dans l'atmosphère ambiante ou milieu général. Les phénomènes physico-chimiques deviennent plus actifs dans les corps organisés aussi bien que dans les corps lents lorsque la température s'élève, et ils se ralentissent lorsqu'elle s'abaisse. De même les phénomènes vitaux s'exaltent lorsque la chaleur augmente et ils s'affaissent lorsqu'elle diminue.

Les végétaux et les animaux soumis aux variations de la température ambiante sont donc pour ainsi dire esclaves du monde extérieur; ils s'engourdissent en hiver sous l'influence de l'abaissement de la température, se réveillent au printemps en même temps que cette température se relève, et déploient le maximum de leur activité organique pendant les chaleurs de l'été.

Chez les animaux supérieurs, au contraire, les phénomènes

(1) Voy. les n^os 20, 50 et 51.

Digitized by Google

vitaux présentent toujours à peu près la même intensité. L'indépendance dont ils jouissent se ramène à une différence de température; elle tient à ce qu'il y a dans leur intérieur des causes de production de chaleur qui compensent les pertes résultant du rayonnement et du contact d'une atmosphère refroidie; et au fond tout se ramène à un perfectionnement de l'organisme qui le protége dans une certaine mesure contre les influences extérieures.

Tous les invertébrés sont des animaux à sang froid, et parmi les vertébrés, les reptiles et les poissons rentrent également dans cette classe. Le groupe des animaux à sang chaud se compose donc exclusivement des mammifères et des oiseaux: encore faut-il en retrancher les mammifères hibernants, assez communs dans l'ordre des rongeurs (marmotte, loir, etc.) et aussi quelques oiseaux hibernants, encore assez mal connus. Du reste, il n'y a aucune différence physiologique essentielle qui sépare les animaux à sang chaud des animaux à sang froid et réponde à cette particularité zoologique, car on peut par certains artifices transformer les animaux à sang chaud en animaux à sang froid et observer alors sur eux tous les phénomènes qui caractérisent les animaux à sang froid ordinaires.

Les animaux à sang froid subissent les variations de la température extérieure, qu'elle s'élève ou qu'elle s'abaisse. Mais il faut toujours un temps assez long pour que l'équilibre s'établisse, même chez les végétaux, comme l'ont montré des expériences déjà anciennes répétées tout récemment par M. Becquerel. Ainsi plusieurs jours sont nécessaires pour que le cœur d'un arbre s'échauffe ou se refroidisse à la suite d'une élévation ou d'un abaissement de la température atmosphérique: ce résultat tient simplement dans ce cas à la faible conductibilité des tissus de l'arbre pour la chaleur.

Il en est de même chez les animaux à sang froid; il faut toujours un certain temps pour qu'ils prennent la température ambiante. Ainsi, on se tromperait beaucoup en croyant que la grenouille apportée tout engourdie dans une enceinte assez chaude, s'en approprie immédiatement la température. Mais ce résultat tend à s'établir au bout d'un certain temps. Est-ce à dire que les animaux à sang froid suivent toujours rigoureusement les conditions calorifiques extérieures et ne produisent pas du tout de chaleur dans leur organisme? Non; toutes les expériences prouvent que la température d'un animal à sang froid est toujours légèrement supérieure à la température ambiante de quelques fractions de degré. Seulement il faut, pour constater ce fait, que l'animal reste longtemps plongé dans le milieu où on l'a placé.

Nous examinerons plus tard, avec toute l'attention qu'elle mérite, la question des sources de la chaleur animale, question à la fois si difficile et si importante, car c'est grâce à la constance de la production de cette chaleur que l'homme et les animaux supérieurs peuvent également remplir leurs fonctions physiologiques dans toutes les saisons. Mais pour le moment, il est un point que nous devons d'abord élucider, ce sont les variations de la température animale dans les différentes parties du corps.

Il ne faudrait pas croire que l'indépendance des animaux à sang chaud vis-à-vis des influences extérieures soit une indépendance absolue. Il n'y a pas dans la nature de ces transitions brusques et constantes. L'animal à sang chaud peut se refroidir dans une atmosphère froide; mais il se refroidit beaucoup plus difficilement qu'un animal à sang froid parce qu'il est mieux protégé. L'homme, en effet, porte des vêtements; les mammifères ont des poils épars et les oiseaux des plumes. Les animaux à sang froid, au contraire, manquent généralement de ces enveloppes protectrices.

Si la température intérieure des animaux à sang chaud reste à peu près constante, c'est grâce à ces chaudes couvertures qui les séparent du milieu ambiant, et parce que dans les circonstances ordinaires ils ne sont pas soumis assez longtemps à des causes refrigérantes énergiques, capables de vaincre leur résistance. Mais on peut faire baisser la température intérieure des animaux à sang chaud sous l'influence d'une refrigération exceptionnelle, par exemple en les entourant de glace, la température du sang s'abaisse ainsi successivement jusqu'à 20 degrés environ, moment auquel arrive la mort, si l'on opère sur un mammifère. Mais la température de l'air extérieur est alors bien plus basse. De même un homme peut supporter pendant quelque temps la température d'un four à 100 degrés, comme l'a démontré Delaroche, en se soumettant lui-même à cette température; mais la température du sang est très-loin d'être aussi élevée, puisqu'une chaleur intérieure de 45 degrés environ suffit pour produire la mort; mais l'échauffement de l'organisme est ralenti dans ces circonstances par diverses causes et notamment par l'évaporation considérable qui se produit par la sueur. Il y a chez les animaux à sang chaud une tendance à se refroidir continuellement, une tendance à résister à l'action de la chaleur produite intérieurement ou venue du dehors, de même qu'il y a chez les animaux à sang froid des causes d'échauffement.

Chez les mammifères, la température ordinaire du sang est de 38 à 40 degrés; mais elle peut varier beaucoup sous l'influence de certaines circonstances physiologiques. D'abord chez le même individu, et toutes choses égales d'ailleurs, elle est de 1 ou 2 degrés plus élevée pendant la digestion qu'à jeun. D'un autre côté, la température n'est pas la même suivant l'endroit du corps dans lequel on la mesure; ainsi, le sang des veines superficielles des mains et de la face ne dépasse guère 15 degrés en hiver. En été, au contraire, cette température se relève sous l'influence de la chaleur ambiante à l'influence de laquelle nous pouvons être soumis, et qui va dans certaines contrées jusqu'à 45 ou 46 degrés.

Mais en général nous sommes plongés dans une atmosphère dont la température est très-notablement inférieure à 38 ou 40 degrés, chaleur normale du sang des mammifères, et il faut bien qu'il y ait quelque part dans l'organisme un centre de production de chaleur pour contrebalancer la déperdition considérable résultant de l'influence de l'atmosphère ambiante. Dans la recherche de ce lieu d'origine de la chaleur animale, on a été guidé par des théories diverses répondant chacune à un état particulier de la chimie, et il faut voir si la topographie calorifique du sang peut s'accorder avec ces théories. C'est donc cette topographie que nous allons d'abord faire.

La première théorie sérieuse est due à Lavoisier; elle repose sur une base excellente: l'identité des phénomènes physico-chimiques calorifiques chez les êtres vivants et dans la nature brute. Lavoisier remarquant que la respiration consistait essentiellement dans une absorption d'oxygène et dans un dégagement d'acide carbonique et d'eau, fut naturellement conduit à comparer ce phénomène à une combustion. Il supposa que l'oxygène de l'air mis en contact avec le sang au travers des vésicules pulmonaires y brûlait les matières hydro-carbonées contenues dans ce liquide et les trans-

Digitized by Google

formait en eau et acide carbonique, ce qui expliquait le dégagement d'eau et d'acide carbonique en même temps que la disparition de l'oxygène. Cette combustion devait naturellement produire un dégagement de calorique qui était l'origine de la chaleur animale.

D'après cette théorie, il fallait que la température des artères fût plus élevée que celle des veines, puisque c'était dans les poumons que le sang se réchauffait. Les faits parurent d'abord confirmer ces vues. Les premières expériences qu'on exécuta accusèrent une température de 18 à 20 degrés dans les veines des membres, tandis que le sang des artères avait partout 38 ou 40 degrés; l'artère carotide et la veine jugulaire fournirent des résultats du même genre. On fit aussi des recherches sur la température du sang dans les cavités cardiaques, et où les résultats varièrent beaucoup; dans certains cas, le sang du ventricule droit fut trouvé plus chaud; dans d'autres, ce fut celui du ventricule gauche.

Cependant la théorie de Lavoisier n'avait pas tardé à être abandonnée par son auteur lui-même quant à sa localisation. Sans doute l'origine de la chaleur animale doit se trouver dans une combustion, c'est-à-dire une fixation de l'oxygène de l'air par les éléments hydro-carbonés du sang, mais ce n'est point dans les poumons que se produit cette combustion; il ne s'opère là qu'un simple échange de gaz entre le milieu extérieur et le milieu intérieur, c'est-à-dire entre l'atmosphère et le sang, ce dernier dégageant de l'acide carbonique et recevant en échange de l'oxygène. La fixation de cet oxygène sur le carbone et l'hydrogène n'a lieu que plus loin dans l'organisme et s'opère en grande partie dans les vaisseaux capillaires.

La question restait donc indécise et M. Claude Bernard entreprit pour l'élucider une série d'expériences dans lesquelles il fut aidé par M. Walferdin qui se servait des appareils thermométriques dont il est l'inventeur.

1° En sacrifiant immédiatement l'animal par section du bulbe rachidien et ouvrant de suite la poitrine, on trouva toujours le sang du ventricule droit plus froid que celui du ventricule gauche;

2° En laissant l'animal vivant et en introduisant successivement le même thermomètre dans le ventricule droit et dans le ventricule gauche, on trouva toujours que le sang du ventricule droit était plus chaud que celui du ventricule gauche. Toutefois, cette expérience est assez délicate, parce qu'il y a deux courants sanguins qui se réunissent dans le ventricule, l'un de sang p us chaud qui vient par la veine cave inférieure, l'autre de sang plus froid qui arrive par la veine cave supérieure. Il faut donc éviter de placer le thermomètre dans l'un de ces courants. Il faut le faire pénétrer jusqu'au point où les deux rangs veineux sont exactement mélangés.

Les deux méthodes qui consistaient à opérer sur l'animal récemment mort ou sur l'animal vivant, fournissent donc des résultats diamétralement opposés. Toutes les fois qu'un pareil fait se produit dans des recherches physiologiques, on peut affirmer d'avance qu'il provient de ce qu'on n'opérait pas dans les mêmes conditions. Ici, en effet, les différences semblent bien tenir au procédé opératoire, et l'on peut s'en convaincre expérimentalement d'une manière bien simple. On prend un cœur séparé de l'animal et on en remplit les deux ventricules avec de l'eau possédant, par exemple, une température de 40 degrés, puis, quand les deux ventricules sont ainsi remplis, on retire le cœur hors du bain d'eau chaude où il était plongé, on le laisse à l'air ambiant et on mesure la température du liquide dans chaque ventricule; on la trouve constamment plus basse dans le ventricule droit. Cela tient à une cause toute physique : les parois du ventricule droit sont plus minces que celles du ventricule gauche, et par suite permettent un refroidissement beaucoup plus rapide lorsque la poitrine est ouverte et le cœur à nu.

Les expériences de M. Claude Bernard ont été faites particulièrement sur des chiens et sur des moutons dans les abattoirs. Ces derniers animaux sont surtout favorables à des expériences de ce genre, parce qu'ils ont le cou long et par suite très-commode pour enfoncer les tiges des thermomètres.

Voici d'abord une série d'expériences exécutées sur des chiens :

*Température du sang comparée,*
*chez le Chien, dans le cœur gauche et dans le cœur droit.*
(Avant et après l'appareil respiratoire.)

| | CŒUR DROIT (avant le poumon). | CŒUR GAUCHE (après le poumon). | DIFFÉRENCE. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| 1er chien. | 38,2 | 38,0 | —0,2 | Début de digest., affaibli. |
| 2e chien. | 39,5 | 39,3 | —0,2 | A jeun. |
| | 39,2 | 39,1 | —0,1 | A jeun. |
| 3e chien. | 38,8 | 38,6 | —0,2 | A jeun, temp. amb., 28°. |
| | 38,7 | 38,5 | —0,2 | A jeun, temp. amb., 28°. |
| 4e chien. | 38,8 | 38,6 | —0,2 | A jeun, vigoureux. |
| | 39,2 | 39,1 | —0,1 | Le lendem. pleine digest. |
| 5e chien. | 38,9 | 38,7 | —0,2 | A jeun, vigoureux. |
| 6e chien. | 38,9 | 38,8 | —0,1 | Digestion, vigoureux. |
| | 39,4 | 39,2 | —0,2 | Le lendemain, fin digest. |

Voici maintenant les résultats d'expériences faites sur des moutons dans l'abattoir de Grenelle, avec les thermomètres de M. Walferdin.

*Température du sang comparée,*
*chez le Mouton, dans le cœur droit et dans le cœur gauche.*
(Avant et après l'appareil respiratoire.)

| DATES. | CŒUR DROIT. | | CŒUR GAUCHE. | | DIFFÉRENCE en degrés centésim. | TEMPÉRATURE ambiante. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermom. Walferdin. | Degrés centésim. | Thermom. Walferdin. | Degrés centésim. | | |
| 9 juin 53 | 308,9 | 40,374 | 307,5 | 40,122 | —0,252 | 24° |
| 16 juin | 307,0 | 40,032 | 306,4 | 39,924 | —0,108 | 22° |
| » | 304,6 | 39,600 | 304,5 | 39,582 | —0,018 | » |
| » | 309,0 | 40,392 | 308,2 | 40,248 | —0,144 | » |
| » | 306,1 | 39,870 | 304,5 | 39,582 | —0,288 | » |
| 9 mars 54 | 309,5 | 40,481 | 309,0 | 40,392 | —0,089 | 13 à 14 |
| » | 309,5 | 40,481 | 309,0 | 40,392 | —0,089 | » |
| » | 309,0 | 40,392 | 308,0 | 40,212 | —0,180 | » |
| » | 306,5 | 39,942 | 306,0 | 39,852 | —0,092 | » |

NOTA. — Thermomètre métastatique à mercure n° 225, divisé en 340 parties.
Au 20° degré centigrade correspond la 195,5 division du thermomètre.
Au 38° degré centigrade correspond la 295,7 division du thermomètre.
1° centigrade = 5,56 divisions du thermomètre.
1 division du thermomètre = 0°,17985.
Dans le tableau, les conversions ont été faites en partant de la 295,7 division correspondant au 38° degré centigrade, et en ajoutant 0°,17985 par division trouvée en plus.

Comme on le voit, ces différences de température entre le cœur droit et le cœur gauche ne dépassent jamais un demi-

Digitized by Google

degré. Mais il est bien entendu qu'il faut comparer le sang des deux ventricules dans le même état physiologique; car si l'on opérait sur l'un pendant l'état de digestion, par exemple, et sur l'autre pendant l'état d'abstinence, on pourrait obtenir des différences bien plus considérables, mais qui tiendraient simplement à l'influence de ces circonstances particulières.

Ainsi les poumons refroidissent le sang au lieu de le réchauffer. C'était déjà, du reste, l'opinion des anciens, exprimée notamment par Aristote; et cela se comprend aisément, puisque les poumons absorbent de l'oxygène, qui est relativement froid, et dégagent de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau à la température ordinaire du corps, 38 ou 40 degrés.

Les poumons, la tête, les mains, et en général tous les organes périphériques, refroidissent le sang. Quels sont donc les organes qui le réchauffent et compensent ainsi ce refroidissement? M. Claude Bernard a fait une série d'expériences sur la température du sang des organes intérieurs, et il a trouvé ainsi que le sang s'échauffe en traversant les divers organes de l'appareil digestif, et notamment en traversant le réseau capillaire du foie.

L'appareil digestif reçoit son sang de l'aorte ventrale, par le tronc cœliaque et par les artères mésentériques. Après avoir circulé dans les vaisseaux capillaires du canal intestinal, du pancréas et de la rate, etc., et avoir servi à l'accomplissement des différents phénomènes sécrétoires ou autres qui se passent dans ces organes, ce sang parvient dans la veine porte et se dirige dans le foie, où il est soumis à une nouvelle élaboration des capillaires pour sortir finalement par les veines hépatiques qui le versent dans la veine cave inférieure, non loin du cœur. On voit ainsi que la circulation de l'appareil digestif diffère de celle des autres appareils de l'économie animale, en ce que le sang artériel, après avoir traversé le système capillaire des intestins et avoir été changé en sang veineux, ne se rend pas immédiatement dans le système veineux général, mais traverse encore un autre système de vaisseaux capillaires, celui du foie, qui le rend encore veineux de nouveau avant qu'il parvienne. Nous avons donc dans cet appareil, par exception, à examiner la température du sang dans trois ordres de vaisseaux : 1° dans les artères qui amènent le sang au canal intestinal; 2° dans la veine porte, qui contient le sang qui a traversé l'intestin et qui le dirige vers le foie; 3° dans les veines hépatiques, qui se rendent dans la veine cave inférieure et contiennent le sang qui a traversé tout l'appareil digestif.

Voici dans trois tableaux le résumé des expériences faites par M. Claude Bernard.

Le premier tableau donne les résultats de l'examen comparatif de la température du sang avant et après l'appareil digestif total, c'est-à-dire du sang artériel aortique et du sang des veines hépatiques. Il montre que le sang, à sa sortie de l'appareil digestif, lorsqu'il a traversé les deux systèmes capillaires sanguins, se trouve constamment plus chaud qu'à son entrée.

Le deuxième tableau donne la température comparative du sang avant et après l'intestin seul, c'est-à-dire du sang artériel aortique comparé au sang de la veine porte. Il constate les modifications que subit le sang en traversant le système capillaire de l'intestin seulement, et montre que la température s'accroît d'une manière générale. Dans certains cas cependant, il y a eu égalité ou même léger abaissement de la température; mais ces particularités s'expliquent aisément par cette considération que la membrane muqueuse de l'intestin est en réalité une surface externe sur laquelle peuvent se rencontrer, par suite de l'ingestion alimentaire, des substances venues du dehors et parfois susceptibles de provoquer un refroidissement qui se communique au sang circulant dans ces parties.

Le troisième tableau donne les résultats de l'examen comparatif de la température du sang avant et après le foie, c'est-à-dire du sang de la veine porte comparé au sang des veines hépatiques. Il constate les modifications de température qu'éprouve le sang en traversant le réseau capillaire du foie seulement, et montre qu'il se produit là une augmentation constante et relativement très-considérable de la chaleur du liquide sanguin.

Enfin, l'ensemble de ces trois tableaux prouve qu'il y a un accroissement constant de la température du sang dans tout son trajet à travers l'appareil digestif, de telle sorte que le sang veineux qui en sort est beaucoup plus chaud que le sang artériel, et montre que c'est là surtout qu'il faut chercher la principale origine de la chaleur animale. Mais il ne faudrait tirer aucune conséquence des moyennes que peuvent fournir ces tableaux, car les animaux observés se trouvaient presque tous dans des conditions différentes. Il n'y a de véritablement comparables que les observations faites sur les différents vaisseaux d'un même animal.

Le sang artériel est à une température à peu près constante, parce qu'il circule vite; arrivé aux organes périphériques, il s'y refroidit, et ressort par conséquent plus froid, à l'état de sang veineux. Mais le sang de la veine cave inférieure trouve une source abondante de calorification dans le sang qui lui est ramené de l'appareil digestif par les veines hépatiques; c'est même la principale source de la chaleur du sang, car on ne trouve nulle part de température plus élevée que celle de ces veines hépatiques, et elle peut aller jusqu'à 41°,6 centigrades chez les animaux vigoureux, comme le montrent les résultats consignés dans les tableaux suivants :

*Observations sur la température du sang dans l'appareil digestif.*

**Premier Tableau.**

TEMPÉRATURE DU SANG COMPARÉE DANS LA VEINE PORTE ET DANS LES VEINES HÉPATIQUES.

(Avant et après l'appareil digestif.)

| | AORTE (avant l'appareil digestif). | VEINES hépatiques (après l'appareil digestif). | DIFFÉRENCES. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| 1er chien | 40°,3 | 40°,6 | +0,3 | A jeun. |
| 2e » | 40,3 | 40,9 | +0,6 | En digestion. |
| 3e » | 39,4 | 39,6 | +0,2 | A jeun 2 jours. |
| 4e » | 39,6 | 39,9 | +0,3 | En digestion. |
| 5e » | 39,4 | 39,6 | +0,2 | Digestion, affaibli. |
| 6e » | 38,6 | 38,9 | +0,3 | En digestion. |
| 7e » | 41,0 | 41,6 | +0,6 | Fin de la dig., vigoureux. |
| 8e » | 40,0 | 40,2 | +0,2 | Début de la digestion. |
| 9e » | 39,5 | 40,0 | +0,5 | » |
| 10e » | 40,0 | 40,7 | +0,7 | A jeun, vigoureux. |
| 11e » | 41,0 | 41,6 | +0,6 | Digestion, vigoureux. |
| 12e » | 39,0 | 39,6 | +0,6 | A jeun, alcool. |
| 13e » | 37,6 | 38,4 | +0,8 | A jeun 4 jours, éther. |
| 14e » | 38,7 | 39,6 | +0,9 | Digestion, vigoureux. |
| 15e » | 38,4 | 39,4 | +1,0 | Petite taille. |
| 16e » | 37,5 | 38,2 | +0,7 | Affaibli. |
| 17e » | 37,1 | 38,7 | +0,6 | Affaibli. |
| 18e » | 38,7 | 38,9 | +0,2 | A jeun, vigoureux. |

Digitized by Google

### Deuxième Tableau.

TEMPÉRATURE DU SANG COMPARÉE DANS L'AORTE VENTRALE ET DANS LA VEINE PORTE.

(Avant et après l'intestin.)

| | AORTE (avant l'intestin). | VEINE PORTE (après l'intestin). | DIFFÉRENCES. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| | ° | ° | ° | |
| 1er chien | 39,6 | 39,8 | + 0,2 | Digestion. |
| 2e » | 40,3 | 40,7 | + 0,4 | Digestion. |
| 3e » | 39,4 | 39,5 | + 0,1 | A jeun. |
| 4e » | 39,5 | 39,7 | + 0,2 | Digestion. |
| 5e » | 40,9 | 40,6 | — 0,3 | Digestion. |
| 6e » | 40,3 | 40,2 | — 0,1 | A jeun, a bu. |
| 7e » | 38,6 | 38,6 | 0,0 | Digestion. |
| 8e » | 39,9 | 39,5 | — 0,4 | Début de la digestion. |
| 9e » | 39,4 | 39,3 | — 0,1 | A jeun 2 jours. |
| 10e » | 40,0 | 40,2 | + 0,2 | A jeun. |
| 11e » | 39,0 | 39,4 | + 0,4 | A jeun. |
| 12e » | 37,6 | 38,0 | + 0,4 | A jeun. |
| 13e » | 38,7 | 39,2 | + 0,5 | Fin de la digestion. |
| 14e » | 37,5 | 37,8 | + 0,3 | » |
| 15e » | 38,7 | 38,8 | + 0,1 | A jeun. |

### Troisième Tableau.

TEMPÉRATURE DU SANG COMPARÉE DANS LA VEINE PORTE ET DANS LES VEINES HÉPATIQUES.

(Avant et après le foie.)

| | VEINE PORTE (avant le foie.) | VEINES hépatiques (après le foie). | DIFFÉRENCES. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| | ° | ° | ° | |
| 1er chien | 40,2 | 40,6 | + 0,4 | A jeun. |
| 2e » | 41,3 | 41,5 | + 0,2 | A jeun. |
| 3e » | 40,6 | 40,9 | + 0,3 | En digestion. |
| 4e » | 40,7 | 40,9 | + 0,2 | A jeun. |
| 5e » | 39,4 | 39,6 | + 0,2 | A jeun. |
| 6e » | 39,8 | 39,9 | + 0,1 | Digestion, affaibli. |
| 7e » | 39,5 | 39,6 | + 0,1 | A jeun. |
| 8e » | 38,6 | 38,9 | + 0,3 | Digestion, affaibli. |
| 9e » | 39,5 | 40,2 | + 0,7 | Digestion. |
| 10e » | 39,6 | 39,8 | + 0,2 | Digestion. |
| 11e » | 40,2 | 40,7 | + 0,5 | A jeun. |
| 12e » | 39,7 | 41,3 | + 0,8 | Digestion, vigoureux. |
| 13e » | 39,4 | 39,6 | + 0,2 | A jeun 4 jours. |
| 14e » | 37,8 | 38,4 | + 0,6 | A jeun 4 jours. |
| 15e » | 39,3 | 38,8 | + 0,5 | Digestion, féculents. |
| 16e » | 39,6 | 39,7 | + 0,1 | Digestion. |
| 17e » | 35,0 | 35,2 | + 0,2 | Après la mort resp. artif. |
| 18e » | 37,8 | 38,2 | + 0,4 | » |
| 19e » | 38,8 | 38,9 | + 0,1 | A jeun. |

Ainsi échauffé, le sang de la veine cave inférieure arrive au cœur, où il se mélange avec le sang des veines brachiales et des veines caves supérieures, plus froid que lui, pour constituer le sang veineux, total qui présente une température moyenne. Les veines des membres ramènent donc toujours du sang plus froid : mais ce n'est pas à dire qu'il ne se produise point de chaleur animale dans les membres ; cela prouve seulement que les causes de réfrigération l'ont emporté, et voilà tout. Dans les organes internes, au contraire, comme les organes digestifs, ces causes de réfrigération n'existent pas ou n'existent que dans une mesure très-restreinte, de sorte que l'influence des sources de chaleur animale peut se produire sans entraves.

La température du sang veineux peut descendre jusqu'à 15 degrés environ dans les veines superficielles ; mais il ne faudrait pas en conclure que les éléments histologiques soient jamais soumis à cette température ; ils reçoivent sans cesse du sang artériel à 38 degrés ou 40 degrés, et conservent toujours à peu près cette température, surtout les éléments nerveux, qui sont à la fois les plus importants et les plus délicats de l'organisme.

Les expériences relatives à la température du sang sont donc maintenant parfaitement élucidées, et leurs contradictions ont disparu ; aussi personne ne soutient-il plus aujourd'hui que les poumons sont la source principale de la chaleur animale.

Il y a des circonstances dans lesquelles le sang paraît s'échauffer ; mais il faut prendre garde de tomber dans l'erreur sur les causes de cette élévation de température. Ainsi on a observé que lorsqu'on coupait les filets du grand sympathique d'un côté de la tête, la température du sang s'élevait de ce côté. Quelle est la cause de cette augmentation de chaleur ? Est-elle due à une action du système nerveux, de quelque manière que se produise du reste cette action ? Voici ce qui se passe dans ces circonstances.

Le grand sympathique exerce sur les vaisseaux capillaires une action de contention qui a pour effet d'en diminuer le diamètre, et, par suite, d'y ralentir la circulation du sang en le forçant à y séjourner plus longtemps. Quand on supprime cette action du grand sympathique en coupant les filets nerveux, les vaisseaux capillaires se dilatent aussitôt ; la circulation du sang, trouvant un plus large passage, s'accélère, et le sang, séjournant moins longtemps dans les capillaires, s'y refroidit moins.

Le phénomène, à son origine, tient donc à une cause purement physique et mécanique. Aussi l'augmentation de chaleur est-elle très-peu considérable chez un animal affaibli ou malade, dont les pulsations cardiaques sont peu énergiques, tandis qu'elle est très-intense chez un animal vigoureux dont les contractions du cœur ont une grande puissance. Dans ce dernier cas, la différence de température entre les deux côtés de la tête peut aller jusqu'à 17 degrés. On obtient, par exemple, ce résultat en opérant sur un lapin placé à une basse température : en effet, du côté de la tête où le grand sympathique est conservé, le froid, en agissant sur lui, exagère encore son action et resserre davantage les vaisseaux capillaires, tandis que de l'autre côté de la tête, le grand sympathique n'existant plus, ce resserrement ne se produit pas.

Outre les conditions de température dont nous venons de nous occuper, le sang doit encore satisfaire à d'autres conditions physico-chimiques pour pouvoir remplir les fonctions qui lui sont dévolues dans l'organisme vivant. Ainsi, il doit être liquide, contenir des matières solides en suspension, les globules, et ne pas s'extravaser hors des vaisseaux où il circule.

L'eau qui constitue presque en totalité la partie liquide du sang doit se trouver à un état particulier de combinaison avec les matières protéiques ou albuminoïdes du sang, de manière à ne pas s'extravaser. Quand on injecte de l'eau dans le sang, il s'y produit divers désordres organiques plus ou moins graves. Toutes les sécrétions deviennent albumineuses, et les urines notamment contiennent beaucoup d'albumine. Un chien qui subit des injections de ce genre devient bientôt hydropique, l'eau injectée s'extravasant par endosmose et se logeant dans les intervalles des tissus. Il peut cependant finir par éliminer

Digitized by Google

tous ces liquides étrangers; mais leur présence occasionne presque toujours des accidents divers, tels que des altérations des globules ou même de la matière colorante.

Examinons d'abord les conditions de fluidité du sang. Cette fluidité est due au plasma dans lequel nagent les globules.

Le premier point sur lequel nous devons insister, c'est que le sang n'est liquide que chez l'animal vivant; après la mort, il se coagule rapidement, et cette coagulation est due à la solidification de la fibrine qu'il contient.

La fibrine a-t-elle un usage pendant la vie? Oui, car c'est elle surtout qui tient en suspension les globules sanguins, particulièrement dans les capillaires. M. Poiseuille est le premier qui ait étudié soigneusement, à ce point de vue, les phénomènes de la circulation dans les vaisseaux capillaires. Les observations curieuses qu'il a faites permettent de dire que dans ces vaisseaux le sang circule pour ainsi dire à travers un tube de sang. En effet, les globules qui touchent les parois des vaisseaux cheminent à peine d'une manière sensible, tandis que les globules du milieu s'avancent beaucoup plus vite, en glissant le long des autres. C'est l'effet qu'on observe dans un sablier, dont le sable se creuse à son centre, les grains du milieu s'écoulant beaucoup plus vite que ceux des bords. La rapidité véritable de la circulation est donnée par la vitesse du liquide médian.

Tel est l'état normal; mais les choses ne se passent ainsi qu'à la condition qu'il y ait de la fibrine dans le sang, et il est facile de le prouver par expérience, en défibrinant le sang, comme le faisait autrefois Magendie. Pour cela, on retire une certaine quantité de sang des veines d'un animal, tel qu'un chien, je suppose, et on le bat avec une verge pendant un temps suffisant pour que la fibrine reste attachée aux filaments de cette verge. On réintroduit alors ce sang dans les veines, puis on en retire une nouvelle quantité sur laquelle on opère de même, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait enlevé la majeure partie de la fibrine du sang. Cette opération ne tue pas l'animal, lorsqu'elle est conduite avec les précautions nécessaires. Quand elle est finie, on peut constater que les globules du sang tombent et s'accumulent dans les parties inférieures ou déclives, ce qui entraîne une sorte de stase ou d'ecchymose.

La fibrine a donc pour effet d'augmenter la densité du plasma du sang, de manière à maintenir les globules en suspension. On peut, du reste, s'en convaincre mieux encore, en répétant les mêmes expériences en dehors de l'animal vivant.

Mais le liquide sanguin ne doit pas seulement avoir une densité suffisante pour que les globules ne tombent pas dans les parties déclives, de manière à s'y accumuler et à boucher les capillaires; il doit encore circuler sans s'extravaser au travers des parois des vaisseaux qui le contiennent. Aussi, quand on fait la circulation avec des liquides anormaux, tels que l'eau ordinaire, par exemple, on voit bientôt la respiration devenir impossible, et voici pourquoi. Les premières quantités d'eau ainsi introduites dans le système vasculaire circulent le long des artères et des vaisseaux capillaires, puis traversent les parois de ces vaisseaux capillaires par exosmose, et forment ainsi autour d'eux des amas d'eau qui les compriment et empêchent la circulation de continuer.

Par ce procédé, on sépare des tissus qu'il est ensuite bien plus facile d'étudier anatomiquement; mais cela même prouve qu'il est impossible de faire circuler des liquides purement aqueux dans l'organisme, sans produire de graves désordres. Mais si le sang normal circule sans s'extravaser, cela ne tient pas précisément à la présence de la fibrine, — dont le rôle, comme nous venons de le voir, est de maintenir les globules en suspension; — car le sang défibriné circule comme le sang ordinaire; le sérum pur circule aussi très-bien, et enfin certains liquides gommeux ou chargés de sels particuliers produisent également cet effet. Dans le sang normal, c'est à l'albumine qu'il est dû en très-grande partie.

Ainsi la fibrine et l'albumine ont d'abord un rôle physique à remplir, celui de rendre possible la circulation du sang en maintenant les globules en suspension, et en empêchant que le liquide ne s'extravase.

Quelles sont les circonstances qui influent sur la liquidité du sang, dans l'économie vivante, bien entendu, puisque c'est là seulement que nous le considérons pour le moment?

La première circonstance à signaler, c'est la température. Le sang des animaux à sang froid, comme les batraciens, se coagule moins facilement que celui des animaux à sang chaud. C'est là une différence qui ne tient nullement à des modifications essentielles de la nature ou des propriétés du sang, mais simplement à l'influence de la température. Aussi peut-on, en disposant bien ses expériences, obtenir les mêmes résultats avec le sang des animaux supérieurs qu'avec celui des animaux à sang froid.

En effet, hors de l'organisme vivant, le sang suffisamment refroidi se coagule beaucoup moins vite que dans les circonstances ordinaires, et l'on peut, en le refroidissant brusquement, retarder assez la coagulation pour que les globules se précipitent seuls au fond du vase, et que le sérum s'en sépare nettement en conservant encore en dissolution l'albumine et la fibrine. Müller et Hunter avaient déjà remarqué ce fait depuis longtemps, et Müller filtrait même ainsi du sang de grenouille dont les globules restaient sur le filtre à cause de leur grosseur relativement considérable. Au contraire, les globules du sang des oiseaux, étant beaucoup plus petits, ne pourraient être séparés par ce procédé.

Un autre fait qui vient également à l'appui des mêmes idées, c'est que le sang des animaux hibernants se coagule plus vite en été qu'en hiver, époque pendant laquelle il est notablement refroidi sous l'influence de l'état d'hibernation.

Cependant les chirurgiens paraissent appliquer une méthode et des idées précisément contraires à celles-là, car ils emploient le froid pour arrêter les hémorrhagies, et la chaleur pour les favoriser. Mais il ne faut pas se laisser égarer par des apparences trompeuses. Dans ce cas, la chaleur ou le froid ne sont pas destinés à agir, et n'agissent point, en effet, sur le sang lui-même; leur action s'exerce exclusivement sur les vaisseaux capillaires par l'intermédiaire du grand sympathique, comme nous l'avons déjà exposé plus haut, c'est-à-dire en dilatant ou en rétrécissant ces vaisseaux. Aussi, un médecin arrêtait-il l'épistaxis avec de l'eau chaude, au lieu d'employer de l'eau froide, mais alors par un procédé différent et en agissant sur le sang.

Il est encore une autre condition que le sang doit remplir pour rester fluide, c'est l'activité de la circulation. Lorsqu'on arrête la circulation, le sang ne tarde pas à se coaguler, et c'est ce qui arriverait, par exemple, chez les animaux hibernants pendant l'état d'hibernation, par suite du ralentissement considérable de la circulation, si l'abaissement considérable de la température du sang ne le rendait pas beaucoup moins coagulable.

Il y a, du reste, dans l'organisme vivant un constant anta-

Digitized by Google

gonisme, ou plutôt, — en prenant la question à un autre point de vue, — un parfait parallélisme qui maintient les conditions de fluidité du sang, et empêche l'obstruction des vaisseaux par la compensation réciproque des diverses influences qui s'exercent sur le sang pour le rendre plus ou moins coagulable. Quand la circulation s'active, le sang s'échauffe, ce qui augmente sa coagulabilité, et quand elle se ralentit le sang devient plus froid, ce qui produit un effet inverse.

On ne doit donc chercher, au point de vue de la coagulabilité du sang, aucune différence réelle entre les animaux à sang chaud et les animaux à sang froid. Au fond, les propriétés sont exactement les mêmes des deux côtés, seulement elles se manifestent dans des conditions différentes, ce qui explique ces apparentes anomalies. Mais, lorsqu'on arrive artificiellement à reproduire des conditions identiques, les mêmes effets s'ensuivent, sur quelque animal que l'on opère.

En définitive, la *coagulabilité* n'est qu'un mot, et ses prétendues variations ne signifient rien. Au fond, il n'y a que des conditions qui diffèrent, et voilà tout. Il ne faut pas se laisser leurrer par ces différences apparentes de propriétés, car ces propriétés ne sont que des conditions. Ainsi, le système nerveux a une certaine influence — indirecte — sur la coagulabilité du sang comme sur la combustion, sa coloration, etc. Mais, au fond, le système nerveux n'est rien dans ces phénomènes, il n'est qu'une condition, ou plutôt il crée une condition physico-chimique particulière, d'où résulte la modification des phénomènes, et voilà tout.

M. Claude Bernard a montré, en effet, qu'on pourrait modifier la coagulabilité du sang en agissant sur le système nerveux, et bien d'autres ont obtenu depuis des résultats de même genre. Voici comment il opérait. Il prenait du sang dans la veine jugulaire d'un cheval, et ce sang se coagulait normalement en un quart d'heure environ. Mais, après avoir pratiqué cette première saignée, il coupait les filets du grand sympathique du côté même où elle avait été faite, et retirait immédiatement ensuite, par une seconde saignée de la même veine jugulaire, une nouvelle éprouvette de sang qui se coagulait, cette fois, en cinq minutes.

En constatant de pareils résultats, certains physiologistes s'écrient tout de suite que le système nerveux a une action particulière sur le sang pour l'empêcher de se coaguler, et que lorsqu'on supprime cette action, la coagulation a lieu beaucoup plus rapidement et s'opère d'une manière différente (il se forme, en effet, dans ce cas, au-dessus de la liqueur, une couche blanchâtre qu'on n'observe pas dans les circonstances ordinaires).

Mais il faut prendre garde de se laisser glisser sur une pareille pente, car on attribuerait bientôt au système nerveux une action mystérieuse et cachée qui échapperait aux recherches de la science. Les phénomènes physiologiques sont tout autres que se les représentent ces savants, et ils ne sont pas moins merveilleux pour cela. Ainsi, ce qui se passe dans l'expérience que nous venons de rapporter, c'est tout simplement un échauffement du sang résultant de la surexcitation de l'activité circulatoire par suite de la dilatation des vaisseaux capillaires. Car nous avons dit déjà que l'élévation de la température favorisait la coagulation du sang. Le système nerveux ne modifie donc point la coagulabilité du sang; mais en agissant sur les fibres musculaires des vaisseaux capillaires, il les maintient à un calibre un peu étroit, ce qui empêche le sang de circuler trop vite, et, par suite, de s'échauffer. Dans ce cas comme dans tous les autres, on ne peut chercher d'action du système nerveux que sur les tissus.

---

## ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

## CHIMIE MINÉRALE (1).

### COURS DE M. RICHE.

#### Combinaisons du chlore avec le phosphore.

*Protochlorure de phosphore* $PhCl^3$. — Ce corps est liquide, incolore, d'une odeur irritante. Sa densité est 1,45, et il bout à 75 degrés; la densité de sa vapeur est 4,742. L'eau le décompose en acide phosphoreux et acide chlorhydrique :

$$PhCl^3 + 3HO = PhO^3 + 3HCl.$$

Cette propriété a été mise à profit par M. Dumas pour déterminer l'équivalent du phosphore. Si l'on verse du nitrate d'argent dans la liqueur, il se produit un précipité de chlorure d'argent dont le poids permet de déterminer la quantité de chlore contenue dans le chlorure de phosphore, et la différence entre le poids de ce dernier corps et celui du chlore donne la quantité de phosphore.

*Perchlorure de phosphore* $PhCl^5$. — Ce corps est solide, blanc, cristallisé. Il bout vers 148 degrés. Sa densité de vapeur est 3,65. Un excès d'eau le décompose

$$PhCl^5 + 8HO = PhO^5,3HO + 5HCl.$$

On tire parti de cette propriété pour l'analyser. Cette analyse se fait, du reste, comme celle du protochlorure de phosphore. Comme il se transforme en acide phosphorique $PhO^5$, on lui a donné la formule $PhCl^5$. Or, tandis que la formule du protochlorure correspond à 4 volumes de vapeur, celle-ci correspond à 8 volumes. L'équivalent du perchlorure est donc représenté par 8 volumes. Ces 8 volumes offrent une condensation tout à fait exceptionnelle, car ils sont formés de 1 volume de phosphore et de 10 volumes de chlore, M. Cahours a montré que cette anomalie cesserait si l'on considérait le perchlorure de phosphore comme du protochlorure auquel se seraient soudés deux équivalents de chlore, c'est-à-dire si on le représentait par la formule $PhCl^3,Cl^2$. Les réactions du perchlorure de phosphore viennent confirmer ces vues; car à l'air humide il se transforme en *oxychlorure* ou *chloroxyde* de phosphore $PhCl^3,O^2$, comme l'a fait voir M. Wurtz. Ce dernier corps est liquide, incolore, très-limpide, bouillant à 110 degrés, d'une odeur irritante, destructible par l'eau en acide phosphorique et acide chlorhydrique. Si l'on soumet le perchlorure à l'action d'un courant sulfhydrique, on obtient un composé liquide plus lourd que l'eau, bouillant à 128 degrés, nommé le *chlorosulfate* de phosphore $PhCl^3,S^2$. Enfin, soumis à l'action du gaz ammoniac, il échange seulement 2 équivalents de chlore contre 2 équivalents de radical $AzH^2$, pour fournir le *chloramidure* de phosphore $PhCl^3(AzH^2)^2$. Ces faits nous montrent que le perchlorure de phosphore possède 2 équivalents de chlore qui semblent retenus par le phosphore, moins facilement que les trois autres.

---

(1) Voy. les nos 3, 7, 9 (conférence de M. Wurtz sur l'*eau*), 23, 28, 31 (confér. de M. Riche, sur l'*air*), 36, 39, 41, 43, 44, 47, 48, 49, 50 et 51.

Digitized by Google

**Arsenic.**

L'arsenic était déjà connu de Geber, au VIII^e siècle. Albert le Grand indiqua le moyen de le retirer de son sulfure. A la fin du siècle dernier, Brandt et Macquer l'étudièrent avec soin et le classèrent parmi les métaux. Ses caractères physiques l'en rapprochent en effet; mais, considéré au point de vue chimique, il présente de telles analogies avec le phosphore, qu'il est impossible de le séparer de ce corps. Il est gris d'acier, très-brillant, se casse avec facilité et peut même se piler dans un mortier métallique. Sa densité est 5,75; sa texture cristalline; il se volatilise en rouge sombre; sa densité de vapeur est 10,38. Pour obtenir l'arsenic liquide, on le chauffe dans un tube de verre peu fusible, scellé à la lampe et renfermé à frottement dans un tube de fer. La vapeur d'arsenic qui se forme exerce une pression sur la portion non sublimée qui prend l'état liquide.

L'arsenic chauffé au rouge, dans l'air ou dans l'oxygène, brûle avec une flamme livide et se transforme en acide arsénieux. Avec l'acide azotique concentré et bouillant, il donne de l'acide arsénique $AsO^5$. Projeté dans du chlore gazeux, il s'enflamme et dégage des fumées blanches de chlorure d'arsenic. L'équivalent de l'arsenic, déterminé au moyen du chlorure d'arsenic $AsCl^3$, est 75; et il représente 1 volume de vapeur. L'arsenic se retire des arséniures et des arsénio-sulfures naturels; on emploie d'ordinaire le mispickel $FeAs,FeS^2$.

**Acide arsénieux** $AsO^3$.

L'acide arsénieux est solide, blanc. Il se volatilise au rouge sombre; sa densité de vapeur est 13,850. Il est dimorphe: condensé avec lenteur, sa vapeur forme des octaèdres réguliers et MM. Wohler et Pasteur ont obtenu des prismes rhomboïdaux dans diverses circonstances. Quand au contraire la condensation a lieu dans un vase fortement chauffé, elle fournit une masse amorphe, vitreuse et transparente. Cette modification n'a de stabilité qu'à une température élevée; car, abandonnée à elle-même, elle se change peu à peu, sans augmentation de poids, en une variété isomérique qui présente l'opacité et l'aspect de la porcelaine, ce qui lui a valu le nom d'acide *porcelanique*. L'acide vitreux est trois fois plus soluble dans l'eau que l'acide opaque. Une dissolution d'acide vitreux faite à froid laisse déposer, à la longue, des cristaux d'acide opaque, et, au bout d'un certain temps, la solution renferme seulement la quantité d'acide qui correspond à la solubilité de l'acide porcelanique. Inversement, si l'on fait bouillir de l'acide opaque pendant un temps suffisant, il s'en dissout une quantité plus considérable que ne le permet sa solubilité, ce qui prouve qu'il se change en acide vitreux, sous l'influence de la chaleur. Ces deux variétés, comme les variétés de soufre, diffèrent l'une de l'autre par la quantité de chaleur latente qu'elles renferment; en effet, il se dégage de la chaleur au moment de la transformation de l'acide vitreux en acide porcelanique. La densité de l'acide vitreux est 3,738; celle de l'acide opaque 3,699.

L'acide arsénieux s'obtient en grand, comme produit accessoire, dans le grillage des minerais d'étain, de cobalt et de nickel, et comme produit principal, dans le grillage du fer arsenical.

L'acide arsénieux est surtout employé pour la fabrication des toiles peintes, du vert de Scheèle et du vert de Schweinfurth, composé d'arsénite et d'acétate de cuivre. Le savon de Becœur, qui sert à conserver les animaux, lui doit cette propriété. On s'en sert malheureusement encore pour le chaulage des grains. Enfin, on en tire parti comme agent thérapeutique, et à doses extrêmement faibles, pour combattre les effets de l'apoplexie et de l'asthme. Il diminue l'oppression chez les asthmatiques. On utilise cette propriété dans certaines contrées montagneuses de l'Autriche; les habitants en prennent lorsqu'ils ont à accomplir de longues ascensions, et ils en donnent à leurs chevaux. Cette pratique s'exerce en France dans la médecine vétérinaire; il paraît que les animaux en éprouvent d'heureux effets, pour le moment du moins, et que souvent même l'aspect brillant de leur robe, et l'écume blanche qu'ils ont à la bouche, n'ont pas d'autre cause.

**Acide arsénique** $AsO^5$.

L'acide arsénique anhydre est blanc, solide, fondant au rouge. Une température plus élevée le décompose en acide arsénieux et en oxygène. Il se dissout en grande quantité dans l'eau, mais très-lentement. Cette dissolution laisse déposer, au bout de quelque temps, des cristaux déliquescents dont la formule est: $AsO^6,4HO$, qu'on doit écrire: $AsO^5,3HO + aq$, parce que cet hydrate perd facilement un équivalent d'eau. Si l'on chauffe avec précaution l'hydrate $AsO^5,3HO$, on peut en retirer, soit des prismes très-solubles dans l'eau, qui constituent l'acide $AsO^5,2HO$, soit de petits cristaux nacrés, peu solubles à froid, qui constituent l'acide $AsO^5,HO$. Quand on chauffe tous ces hydrates, ils donnent de l'acide anhydre, réductible à son tour en acide arsénieux et en oxygène. Le charbon, l'hydrogène, les ramènent à l'état métallique. Ce sont des acides très-énergiques, et des poisons violents.

*Préparation.* — On fait bouillir l'arsenic ou l'acide arsénieux dans une cornue munie de son récipient, avec une eau régale contenant très-peu d'acide chlorhydrique. On cohobe, on évapore à sec le liquide restant dans la cornue et l'on chauffe au rouge sombre, si l'on veut obtenir l'acide anhydre.

**Hydrogène arsénié** $AsH^3$.

C'est à M. Dumas que l'on doit l'étude de cette substance, dont le maniement est des plus dangereux. L'hydrogène arsénié est gazeux et incolore; il se liquéfie vers — 30 degrés, mais il n'a pas encore été solidifié. Sa densité est 2,695. Son odeur est désagréable et fortement alliacée. C'est un poison violent. Gehlen, qui en respira quelques bulles, mourut au milieu d'atroces douleurs. L'eau en dissout environ le cinquième de son volume. La chaleur le décompose en hydrogène et arsenic métallique. C'est sur cette propriété que sont fondés les appareils de Marsh et de l'Académie, pour la recherche de l'arsenic. Il brûle avec une flamme bleuâtre. Le chlore, le brome, l'iode, le décomposent en s'emparant de son hydrogène. On fait arriver le chlore bulle à bulle, et chaque bulle produit une lumière et une explosion. Il ne faut jamais faire arriver plusieurs bulles de chlore à la fois, car la violence de la réaction serait telle que l'éprouvette pourrait être projetée. Le soufre, le potassium, l'étain, le phosphore, etc., s'emparent de l'arsenic et mettent l'hydrogène en liberté. Ce gaz est absorbé par les sels d'argent, de cuivre; on tire parti de cette propriété pour reconnaître son degré de pureté.

*Préparation.* — On obtient de l'hydrogène arsénié toutes les fois que les composés oxygénés de l'arsenic rencontrent l'hydrogène naissant. Il s'en forme quand on prépare l'hydrogène avec du zinc arsenical. Pour le préparer, on fond 3 par-

Digitized by Google

ties de zinc avec 1 partie d'arsenic; l'alliage obtenu est traité par l'acide sulfurique étendu de deux fois son volume d'eau. La réaction a lieu à froid; on l'active par une faible chaleur.

### Empoisonnements par l'acide arsénieux.

L'acide arsénieux sert à commettre la majeure partie des empoisonnements, parce qu'on le trouve facilement dans le commerce, et parce qu'il se présente sous la forme d'une poudre inodore, insipide, blanche, semble à de la farine. Pour combattre l'empoisonnement, on doit d'abord provoquer des vomissements, pour expulser le poison qui se trouve dans l'estomac. On administre ensuite du peroxyde de fer hydraté, ou mieux de la magnésie faiblement calcinée; ces corps forment des arsénites insolubles qui empêchent l'absorption du poison. Dans la recherche de l'arsenic, l'expert doit d'abord séparer l'arsenic des matières organiques, puis reconnaître l'arsenic dans le résidu.

I. *Matière blanche trouvée dans les vases.* — L'acide arsénieux étant lourd et peu soluble dans l'eau, on cherchera s'il ne se trouve pas une poudre blanche dans le fond des vases contenant les liquides précédents. Cette matière sera essayée dans l'appareil de Marsh. Cet appareil se compose d'un flacon d'un demi-litre environ, pourvu d'un tube recourbé et contenant de l'eau avec du zinc non arsenical; on y fait tomber peu à peu de l'acide sulfurique pur. Au bout de 5 à 10 minutes, l'air s'est dégagé, on enflamme le jet d'hydrogène et l'on écrase la flamme avec un corps froid et blanc comme une soucoupe en porcelaine. Ce vase doit rester parfaitement blanc. On introduit alors dans l'appareil les grains blancs dissous ou délayés dans un peu d'eau. S'il y a de l'arsenic, la flamme s'allonge aussitôt et devient livide; la soucoupe se recouvre d'un dépôt brun d'arsenic.

Une commission de l'Académie des sciences a introduit dans l'appareil de Marsh quelques modifications.

II. *Aliments, matières de déjection.* — On exprime les matières au fond desquelles on a trouvé les grains blancs dont on vient de déterminer la nature. On met de côté la partie solide et l'on évapore le liquide. Puis on opère isolément sur chacun de ces produits. Les viscères coupés en très-petits morceaux sont carbonisés de la même façon, et les liquides obtenus sont essayés par les mêmes moyens.

### Bore et ses composés.

*Bore amorphe.* — Ce corps a été découvert en même temps par Gay-Lussac et Thénard en France, et par Davy en Angleterre; c'est une poudre verdâtre, infusible aux plus hautes températures, qui s'enflamme dans l'oxygène en donnant de l'acide borique; au rouge, il décompose l'eau et prend son oxygène. Chauffé au rouge sombre dans un courant d'azote, il absorbe ce gaz avec dégagement de chaleur et de lumière, et produit une substance cristalline, l'azoture de bore. Si l'on remplace l'oxygène ou l'azote par l'air, ou par un composé oxygéné de l'azote, la combustion a lieu avec éclat, parce que les deux éléments, azote et oxygène, s'unissent au bore pour former de l'acide borique et de l'azoture de bore.

Le bore donne avec le soufre le sulfure de bore $BoS^2$; avec le chlore, le brome, l'iode et leurs hydracides, des chlorures, bromures et iodures. C'est un agent de réduction énergique. Pour l'obtenir, on chauffe au rouge un creuset de fer et l'on y projette un mélange de 100 grammes d'acide borique fondu, pulvérisé et 60 grammes de sodium coupé en petits fragments. On ajoute sur le mélange 50 grammes de chlorure de sodium fondu.

*Bore graphitoïde.* — Ce corps, découvert par MM. Deville et Wohler, cristallise en lames hexaédriques; il est beaucoup moins attaquable que le bore amorphe. L'oxygène ne réagit sur lui qu'à une température très-haute. Aucun acide ne l'attaque. Les alcools fondus le changent en borate. On l'obtient en fondant du fluoborate de potasse avec de l'aluminium, en ajoutant au mélange une petite quantité de chlorure de potassium et de sodium. Le bore est réduit par l'aluminium qui se change en fluorure d'aluminium et l'excès d'aluminium se dissout dans le bore.

*Bore cristallisé adamantin.* — Cette variété également découverte par MM. Sainte-Claire Deville et Wohler, est transparente, rarement incolore; sa couleur varie du jaune clair au rouge grenat. Sa densité est 2,69; il raye le rubis et peut polir le diamant; il cristallise dans le deuxième système cristallin, tandis que le diamant cristallise dans le premier système. Le bore cristallisé ne brûle dans l'oxygène qu'avec la plus grande difficulté. Avant de brûler il gonfle comme le diamant ordinaire, probablement en se changeant en bore amorphe. Il n'est attaqué que par la potasse, la soude, le bisulfate de potasse ou de soude, et encore faut-il le chauffer au rouge.

*Acide borique* $BoO^3$. — Cet acide a été découvert par Homberg, qui l'obtint en distillant le borax avec le sulfate de fer. Gay-Lussac et Thenard établirent sa composition. Il cristallise en lamelles incolores, renfermant 43,6 pour 100 d'eau; leur formule est $BoO^3,3HO$. Sous l'influence d'une température élevée, il fond, en perdant d'abord son eau de cristallisation. C'est alors un verre transparent qui se fendille par le refroidissement. Abandonné à lui-même, il devient opaque en cristallisant. C'est un des acides les plus fixes que l'on connaisse; cependant, chauffé à la température élevée des fours de porcelaine, il se vaporise à la longue. Ebelmen a profité de cette propriété pour la reproduction artificielle de l'alumine, du rubis spinelle et d'autres espèces minérales. Il est beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid. On profite de cette propriété pour sa préparation et sa purification.

L'acide borique est un acide faible, qui colore le tournesol en rouge vineux; mais si la quantité d'acide est considérable, on obtient le rouge pelure d'oignon. A la température ordinaire, il est en général chassé de ses sels par les autres acides; cependant, il décompose les carbonates. A une température élevée, au contraire, il déplace les autres acides en raison de sa fixité. Il dissout les oxydes métalliques en prenant des couleurs diverses caractéristiques. Il n'est attaqué ni par l'hydrogène, ni par le charbon, ni par le chlore, ni par le soufre. Mais si l'on dirige un courant de chlore sec ou de sulfure de carbone sur un mélange d'acide borique et de charbon, on obtient du chlorure de bore ou du sulfure de bore. Quand on le chauffe avec un métal alcalin, celui-ci s'empare de son oxygène, et du bore amorphe est mis en liberté. Cet acide colore en brun le curcuma; il donne à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme verte.

L'acide borique existe en Toscane dans des *lagoni*, au fond desquels viennent déboucher de petits cratères appelés *soffioni*, dégageant continuellement de la vapeur d'eau chargée d'acide borique, qui vient se dissoudre dans l'eau du *lagoni*; lorsque les liqueurs sont arrivées à une concentration convenable, il suffit de les laisser refroidir pour obtenir de l'acide borique

Digitized by Google

cristallisé. On évapore les dissolutions d'acide borique en profitant de la chaleur résultant de la condensation de la vapeur du soffioni. L'acide borique sert surtout à faire le borax. Il entre dans la composition de certains verres, du strass et de l'émail des poteries communes. Il est employé en médecine sous le nom de sel sédatif de Homberg. On en imprègne la mèche des bougies stéariques. La mèche se recourbe alors en dehors de la flamme, se charbonne, se brûle et laisse un petit globule vitreux qui se détache de la mèche et disparaît au fur et à mesure de la combustion du corps gras.

### Silicium et ses composés.

*Silicium amorphe.* — C'est une poudre brune, qui ne fond qu'à une très-haute température. Sauf l'acide fluorhydrique, aucun acide ne l'attaque, ses autres propriétés sont celles du silicium cristallisé. Lorsqu'il n'a pas été calciné, il brûle facilement; mais une température élevée lui enlève cette propriété ainsi que celle d'être attaqué par l'acide fluorhydrique. Une très-haute température le transforme en silicium graphitoïde et en silicium cristallisé. Berzelius l'a préparé le premier en chauffant du potassium avec du fluosilicate de potasse. M. Deville a montré qu'on l'obtient également en dirigeant un courant de chlorure de silicium sur du sodium placé dans des nacelles chauffées dans un tube de verre peu fusible.

*Silicium graphitoïde.* — Il cristallise en lamelles hexaédriques, brillantes, d'un blanc de plomb; il raye le verre, ce qui le distingue du graphite ordinaire. Ses propriétés chimiques sont celles du silicium cristallisé. On le prépare ordinairement en fondant de l'aluminium avec 30 ou 40 fois son poids de fluosilicate de potasse. Il se forme du fluorure double d'aluminium et de potassium, et le silicium se dissout dans une autre partie de l'aluminium, qu'on enlève par l'acide chlorhydrique.

*Silicium cristallisé.* — Ce corps cristallise comme le diamant dans le système régulier. Il est opaque, irisé, doué de l'éclat métallique. Sa densité est 2,49. Il est beaucoup moins dur que le carbone et le bore cristallisé. Il ne s'oxyde pas sensiblement au rouge lorsqu'il est seul; mais s'il est mélangé à un carbonate alcalin, il fournit du silicate en dégageant de l'acide carbonique et en produisant un dépôt de silicium. Le chlore l'attaque à chaud et le change en chlorure de silicium. L'acide chlorhydrique gazeux fournit le même composé $Si^2Cl^3,2HCl$. Tous les acides, à l'exception d'un mélange d'acide fluorhydrique et d'acide nitrique, sont sans action sur lui à la température ordinaire. On le prépare en chauffant au rouge un creuset de terre dans lequel on projette un mélange de 3 parties de fluosilicate de potasse, 1 partie de zinc en grenaille, 1 partie de sodium en petits fragments.

*Sesquioxyde de silice.* — Jusqu'à ces dernières années, on ne connaissait que l'acide silicique $SiO^3$. MM. Wohler et Buff ont indiqué, en 1858, l'existence d'un sesquioxyde hydraté $Si^2O^3$, 2HO. C'est un corps solide, amorphe, blanc, d'une légèreté telle qu'il nage sur l'eau. Il brûle avec éclat dans l'air. On le prépare en décomposant par l'eau le chlorure de silicium.

*Acide silicique.* — La silice est un des corps les plus abondamment répandus dans la nature. On la rencontre à l'état de liberté, constituant le quartz ou cristal de roche, le silex, le sable siliceux, le grès, la pierre meulière, l'agate, etc. L'hydrophane, l'opale, sont de la silice hydratée. La silice se rencontre en petites quantités dans les eaux qui coulent à la surface du sol et en grande quantité dans des jets d'eau chaude d'Islande nommés *geysers*, qui s'élancent dans l'air à des hauteurs considérables. Elle est encore plus abondante à l'état de silicates. Le mica, le feldspath, sont des silicates qui, réunis au quartz, constituent les roches granitiques.

Le quartz est cristallisé dans le système rhomboédrique. Quand il est très-transparent, on le nomme *quartz hyalin* ou *cristal de roche*. Il a pour densité 2,6. Toutes les variétés, sable, grès, etc., sont insolubles dans les acides, — à l'exception de l'acide fluorhydrique, — et aussi à peu près dans les solutions alcalines bouillantes. Quand on calcine fortement ces variétés, leur densité diminue et devient égale à 2,21. Leur forme cristalline disparaît. La silice amorphe se distingue encore de la silice cristallisée par les propriétés chimiques. L'acide amorphe se dissout beaucoup mieux dans l'acide fluorhydrique que l'acide cristallisé, et il est notablement soluble dans les solutions alcalines et bouillantes. La silice, considérée en général, est très-réfractaire. Un violent feu de forge la transforme en un verre transparent. L'hydrogène, les métaux, le phosphore, le charbon et le chlore sont sans action sur elle. Certains métaux cependant, le fer, le platine, sont attaqués par un mélange de charbon et de silice; il se forme de l'oxyde de carbone et un siliciure; les creusets de platine sont souvent percés de cette façon. A la température ordinaire, c'est un acide très-faible; mais à une haute température, il chasse de leurs sels les acides les plus énergiques.

Pour obtenir la silice, on chauffe au rouge un creuset contenant une partie de sable fin et quatre parties de carbonate de soude. La masse fondue est coulée sur une brique, pulvérisée, puis traitée par l'eau qui dissout le silicate formé. Cette liqueur porte le nom de *liqueur des cailloux*. Traitée par l'acide chlorhydrique, elle donne un précipité blanc, gélatineux qui, lavé et desséché dans le vide, donne l'hydrate $SiO^3HO$. Ce composé, chauffé à 120 degrés, perd la moitié de son eau et forme un second hydrate, $2SiO^3, + HO$. Cette silice hydratée est soluble dans la potasse et dans la soude en solution dans l'eau froide. En outre, elle est soluble dans les acides en excès. La silice soluble joue un très-grand rôle à la surface du sol. Elle se trouve en dissolution dans l'eau et elle pénètre dans les végétaux. C'est-elle qui donne à la tige de blé sa rigidité. Quand on calcine les divers hydrates de la silice, on obtient une poudre blanche insoluble qui est de la silice amorphe. Ebelmen a reproduit l'hydrophane, en abandonnant à l'air humide un mélange d'éther silicique et de chlorure de silicium. On reconnaît la silice à sa résistance à la plupart des agents et à son action sur les alcools fondus, et par l'acide fluorhydrique.

*Acide hydrofluosilicique.* — Il n'est connu qu'en dissolution. C'est un liquide incristallisable, très-acide, qui se décompose par la concentration. Il fournit avec les bases des hydrofluosilicates. Sa préparation repose sur la décomposition du fluorure de silicium par l'eau. On fait rendre ce gaz dans un grand verre à expériences, dans une couche de mercure recouvert d'eau. La décomposition a lieu au moment où le fluorure arrive au contact de l'eau : il se forme un dépôt de silice. Ce corps sert à distinguer les sels de potasse des sels de soude, l'hydrofluosilicate de potasse étant insoluble. On profite également de l'insolubilité de l'hydrofluosilicate de baryte pour distinguer cette base de la strontiane.

### Carbone.

*Diamant.* — Le diamant est du carbone pur ou ne renfer-

Digitized by Google

mant que des traces de matière étrangère. Il a été connu de toute antiquité; mais sa nature est restée longtemps ignorée. Anselme Bocce pressentit sa combustibilité. Newton, se basant sur ce fait, que les substances combustibles sont réfringentes, émit également l'idée que le diamant, dont le pouvoir réfringent est si considérable, était un corps combustible. Le grand-duc de Toscane, depuis empereur sous le nom de François I, fit mettre pour 6000 florins de diamants et de rubis dans des creusets que l'on chauffa violemment pendant vingt-quatre heures. Les rubis n'éprouvèrent aucune altération, mais on ne trouva pas le moindre vestige des diamants. On conclut de ces expériences, et d'autres répétées plus tard en France par Darcet, Macque, Rouelle, que le diamant s'évaporait. Ce fut Davy qui prouva que le diamant était du carbone, parce qu'en brûlant il ne fournit que de l'acide carbonique.

Dès qu'on sut que le diamant était du charbon, de nombreux essais furent tentés pour l'obtenir artificiellement; mais le résultat en a toujours été infructueux. Le diamant étant cristallisé, on a épuisé tous les moyens de cristallisation. M. Jacquelain ayant soumis du diamant à l'action d'une forte pile de Bunsen, le vit perdre sa transparence, devenir noir et augmenter de volume : il obtint une sorte de charbon noir, mou comme de la plombagine. M. Despretz tenta l'expérience avec une pile de 800 éléments; mais il n'obtint pas de diamant. Il ne se découragea pas cependant. Il plaça des fils fins de platine à la partie supérieure de l'œuf électrique et une baguette de charbon de cornue à la partie inférieure. Il fit passer dans l'appareil des étincelles d'induction, de façon que le platine fût dans la partie violette de l'arc électrique et que le charbon fût dans la partie rouge, et il continua l'expérience pendant plusieurs mois. Au bout de ce temps, les fils de platine étaient recouverts de noir de fumée dans lequel, à l'aide d'un puissant microscope, M. Despretz distingua de très-petits octaèdres qui polissaient le rubis comme la poudre de diamant. Ce même savant soumit, pendant six mois, à l'action de 2 éléments de pile une dissolution alcoolique étendue de chlorure de carbone. Le fil négatif se recouvrit peu à peu d'un enduit assez dur pour polir le rubis, mais noir comme le charbon. Il restait à essayer les procédés de dissolution. M. H. Sainte-Claire Deville a fait passer du chlorure de carbone sur de la fonte de fer tenue en fusion dans une nacelle de porcelaine. Lorsque la saturation fut complète, le carbone se précipita en lames hexagonales, brillantes, irisées, d'une faible dureté : en un mot, c'était du graphite.

Il faut donc se contenter du diamant naturel. On en a trouvé d'abord aux Indes, dans les royaumes de Visapour et de Golconde; puis, dans l'île de Bornéo. Le Brésil en a fourni plus tard, et aujourd'hui la majeure partie nous arrive des provinces de Bahia et de Minas-Geraez. On en a rencontré récemment des gisements en Sibérie, dans les monts Ourals. Le Brésil, qui aujourd'hui a presque le monopole de ce commerce, en envoie 5 à 6 kilogrammes par an en Europe; 250 grammes, tout au plus, sont propres à la taille. Cette petite quantité représente une valeur de 25 à 30 millions de francs. Les roches dans lesquelles existe le diamant sont à peu près inconnues; on trouve toujours ce corps dans des terres d'alluvion charriées par des torrents à des époques peu anciennes. On fait subir aux sables des lavages fort longs, et quand on tombe sur des terres qui paraissent être riches on détourne quelquefois le lit des rivières elles-mêmes. Le diamant se sépare du sable en vertu de sa grande densité.

Le diamant cristallise, dans le système régulier, sous des formes complexes, à 24 ou 48 faces, dérivées de l'octaèdre. Sa densité est de 3,50 à 3,55. C'est le plus dur des corps connus. Son éclat, sa réfringence et son pouvoir dispersif considérables sont la cause de son emploi dans la bijouterie et dans la joaillerie. Les diamants sont rarement incolores; il y en a de bleus, de verts, de roses, de jaunes, de bruns et de noirs.

Les diamants doivent subir la taille avant d'être employés. C'est Louis de Berquem, gentilhomme de Bruges, qui découvrit, en 1475, la manière de tailler le diamant. C'est Charles le Téméraire qui porta le premier diamant taillé. Louis de Berquem imagina d'user le diamant avec sa propre poussière. Cette poussière se nomme *égrisie*; on l'obtient directement en pilant dans un mortier les diamants de rebut. On élève d'abord le diamant s'il y a quelques parties défectueuses à séparer, puis on le facette et on le polit. A cet effet, on commence par le sceller à l'étain dans une coquille de cuivre maintenue dans une tenaille d'acier, et on le frotte sur une meule horizontale en acier recouverte d'égrisie et imprégnée d'huile; la meule tourne avec une vitesse considérable. Il existe deux sortes de taille : la taille en brillant et la taille en rose. Le brillant est beaucoup plus estimé; il porte 64 facettes. La partie supérieure est plane, c'est la *table*; la partie inférieure se termine en pointe, c'est la *culasse*. On le monte à jour, il est retenu par un petit cube en argent. La rose se termine en dessus par un dôme où sont taillés 24 facettes, le dessous est plat. Il y a des roses moins belles à 18, à 12 et même à 6 facettes. Les diamants défectueux ou trop petits sont employés pour fabriquer les pivots de certaines pièces d'horlogerie et on les utilise aussi pour couper le verre.

L'unité de poids à laquelle on rapporte le diamant et les pierres précieuses est le carat, dont le poids varie suivant les pays. Il est de 205 milligrammes en France. Initialement, le carat était une fève d'une espèce d'*Erythrina*, arbre commun dans la partie de l'Afrique où l'on fait le commerce de l'or. Les diamants bruts, propres à la taille, valent 50 à 100 francs le carat, suivant leur grosseur et la qualité de leur eau. L'écart entre les prix est encore plus grand pour les diamants taillés. Les diamants de très-belle qualité, pesant moins de 1 carat, valent de 125 à 200 francs le carat. Le prix de ceux qui pèsent 1 carat est de 200 à 300 francs le carat. Au-dessus de 1 carat, le prix doit croître comme le carré du poids, mais ce n'est qu'une règle approximative; dès que le poids d'un diamant sort de la moyenne ordinaire, son prix varie considérablement avec sa beauté. Le plus gros des diamants connus est celui du rajah de Bornéo, il pèse 300 carats. Le diamant de l'empereur du Mogol, taillé en rose, pesait 279 carats. L'Orlon de la couronne de Russie pèse 194 carats. Le Régent de la couronne de France pèse 136 carats; il pesait 410 carats avant la taille. Le régent l'acheta 2 500 000 francs d'un Anglais nommé Pitt; on l'estime aujourd'hui à 8 ou 10 millions, en raison de la pureté de son eau.

*Graphite ou plombagine.* — Cette matière peu combustible, d'un gris de plomb, douce au toucher, est cristallisée en paillettes hexagonales, et conduit bien la chaleur et l'électricité. Sa densité est 2,2 et 2,5. Elle ne contient que 2 à 5 pour 100 de matière étrangère. On l'obtient artificiellement en faisant refroidir lentement certaines fontes sursaturées de carbone et en les dissolvant dans un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide azotique. La plombagine constitue les crayons dits à la mine de plomb; et sert à recouvrir les

Digitized by Google

moules galvanoplastiques et à construire des creusets réfractaires.

*Charbon de cornues à gaz.* — La partie supérieure des cornues qui servent à la fabrication du gaz d'éclairage s'incruste de dépôts gris, brillants, durs, sonores et pesants, formés par de petites paillettes de charbon fortement agrégées les unes aux autres. Cette matière résulte de la destruction par la chaleur rouge du carbure d'hydrogène que dégage la houille. Sa conductibilité l'a fait employer dans la pile de Bunsen, son infusibilité dans la confection de creusets, et la chaleur qu'elle dégage en brûlant dans certaines opérations exigeant des températures excessivement élevées.

*Charbon de bois.* — On l'obtient soit en brûlant incomplètement le bois dans la forêt, soit en le distillant dans les fabriques de vinaigre de bois. 100 parties de bois séché à l'air renferment environ 1 partie de cendre, 37 parties de carbone et 62 parties d'hydrogène et d'oxygène. Dans le procédé par distillation, le bois est chauffé dans des cylindres en tôle, où le charbon reste. Il se dégage de l'esprit de bois $C^2H^4O^2$, du vinaigre $C^4H^4O^4$, du goudron que l'on recueille et des gaz carbonés et hydrogénés. La fabrication par le procédé des meules est trop connu pour nous arrêter ici.

*Noir de fumée.* — On l'obtient toutes les fois qu'un corps carburé brûle d'une façon incomplète. On le prépare en chauffant de la résine, du goudron ou toute autre substance très-carburée dans une chaudière et faisant arriver la fumée dans une chambre dont le plafond est couvert intérieurement d'un cône mobile, percé au bout d'une ouverture faisant office de cheminée. Quand on veut retirer le noir de fumée, on fait descendre le cône. Le frottement qui a lieu contre les parois détache tout le noir qui s'y est fixé. Le noir de fumée sert surtout pour la fabrication de l'encre de Chine et de l'encre d'imprimerie.

*Coke.* — C'est le produit de la distillation de la houille en vase clos. Sa couleur est grise, son éclat demi-métallique. 1 mètre cube de coke pèse 400 à 430 kilogrammes. Plongé dans l'eau, il peut en prendre jusqu'à 50 pour 100. Il peut évaporer 74 fois son poids d'eau; mais il ne brûle qu'en grande masse et sous l'influence d'un bon tirage.

*Noir animal.* — On l'obtient par la calcination des os en vase clos.

Tout charbon provient de la combustion imparfaite d'une matière animale ou végétale. Les charbons amorphes sont moins denses et plus combustibles que les charbons cristallisés. La densité, la conductibilité pour la chaleur et pour l'électricité des charbons croît avec la température de calcination. Le charbon de bois ordinaire conduit mal l'électricité, tandis que la braise de boulanger, qui est du charbon de bois longtemps chauffé, est employée au pied des paratonnerres pour faciliter l'écoulement du fluide électrique. Les charbons qui sont conducteurs de l'électricité sont employés à produire les phénomènes lumineux et calorifiques que peut produire le courant électrique. On a tâché maintes fois de se servir de la lumière électrique ainsi produite pour l'éclairage; mais on a dû y renoncer parce qu'elle varie d'intensité, présente des scintillements, et surtout coûte au moins quatre fois plus que la lumière du gaz. Le carbone est infusible à la chaleur de nos fourneaux. M. Despretz est parvenu à le fondre à l'aide d'une pile de 600 éléments.

La propriété la plus remarquable des charbons amorphes est leur pouvoir absorbant dû à leur grande porosité et qu'on utilise pour la décoloration et la désinfection. Mitscherlich a calculé que la surface totale des cellules dans un morceau de charbon de bois pesant 956 centigrammes, était voisine de 8 mètres carrés. Le charbon de bois enlève à l'eau l'iode, la chaux, l'acide buccinique, l'acétate de plomb, la plupart des sels métalliques, le sulfate de quinine, les matières amères. Aussi doit-on bien se garder de décolorer les liqueurs par le charbon dans les analyses et dans les recherches médicales. Si l'on place pendant quelques instants une gravure sur l'ouverture d'un vase au fond duquel on a mis de l'iode, ce métalloïde se porte sur le charbon, et si l'on applique ensuite la gravure sur une feuille de papier amidonné, les traits apparaissent en bleu.

Le charbon brûle dans l'air ou, mieux, dans l'oxygène; il fournit de l'oxyde de carbone si le charbon est en excès, de l'acide carbonique dans le cas contraire. Le plus souvent on obtient ces deux gaz à la fois. La combustibilité des charbons est d'autant plus faible qu'ils sont plus denses et meilleurs conducteurs de la chaleur. Se basant sur cette propriété, on prépare pour la fabrication de la poudre un charbon très-léger en calcinant, vers 400 degrés, des bois légers tels que le fusain, le bourdaine. Inversement, une fois que le charbon est assez allumé, la chaleur de la combustion croît avec la densité; en effet, sous le même volume il y a plus de principes combustibles.

L'eau est décomposée quand elle passe en vapeur sur du charbon rouge. Tous les oxydes métalliques, sauf ceux des métaux alcalino-terreux et terreux, sont décomposés par le charbon et ramenés à l'état métallique.

### Acide carbonique $CO^2$.

Ce gaz est le premier qui ait été distingué de l'air atmosphérique. Paracelse et Van Helmont l'obtinrent par la calcination de la craie; de là le nom d'*air crayeux* qu'il portait alors. Au XVIIIe siècle, Black fit voir que ce corps s'unissait aux alcalis. Il le désigna sous le nom d'*air fixe*. Priesley fit connaître ses propriétés principales. Lavoisier démontra, par la synthèse, qu'il renferme du carbone et de l'oxygène, et établit à peu près sa composition. Berzelius, puis MM. Dumas et Stas complétèrent cette étude.

C'est un gaz incolore, sans odeur, d'une saveur aigrelette. Sa densité, considérable (1,529), est mise facilement en évidence : j'éteins cette bougie en versant sur elle ce flacon plein de gaz acide carbonique. On connaît la grotte du Chien, près de Naples, où se dégage sans cesse de l'acide carbonique. L'homme n'y éprouve aucun malaise, tandis qu'un animal de petite taille, comme le chien, y est rapidement asphyxié, parce que le gaz carbonique se maintient dans les couches inférieures.

D'après M. Faraday, l'acide carbonique se liquéfie à 0 degré sous la pression de 38 atmosphères, à 15 degrés sous la pression de 50, à 30 degrés sous la pression de 73. M. Thilorier est parvenu à opérer cette liquéfaction sur une très-grande échelle, et même à solidifier l'acide carbonique au moyen du froid considérable que produit l'acide carbonique liquide en se vaporisant à l'air sous la pression ordinaire. Il opérait dans des vases de fonte. Une explosion terrible ayant coûté la vie à ses préparateurs, à l'École même de pharmacie, on se sert aujourd'hui d'un appareil envoyé par M. Donny, qui est formé de trois métaux superposés : plomb, cuivre rouge et cercles de fer forgé. L'appareil se compose d'un générateur et d'un

Digitized by Google

récipient. Le générateur est suspendu sur deux pointes d'un support de fonte et peut osciller et tourner librement autour de l'axe horizontal mené par ces pointes. On commence par y introduire 1800 grammes de bicarbonate de soude et 4 litres 1/2 d'eau chauffée vers 40 degrés, puis on y place un tube de cuivre contenant 1 kilogramme d'acide sulfurique concentré. On ferme cet appareil avec un bouchon à vis; on l'incline afin de faire écouler l'acide sulfurique, et on le fait tourner une ou deux fois sur lui-même, afin de mélanger la substance :

$$SO^3,HO + NaO(CO^2),2HO = 2HO + NaO,SO^3 + 2CO^2.$$

On met en communication le générateur et le récipient par un tube de cuivre, et l'on ouvre les robinets après dix minutes de contact environ. Une distillation rapide se déclare, et une certaine quantité d'acide carbonique se liquéfie dans le récipient, qui a une température plus basse que le générateur. Après cinq ou six opérations, on obtient environ 2 litres d'acide carbonique liquide dans le récipient. Si l'on ouvre le robinet du récipient, l'acide carbonique liquide est projeté avec une grande violence hors du vase, et quand il arrive sous la pression simple de l'amosphère, il prend l'état gazeux. Il résulte de ce changement d'état un refroidissement si intense, qu'une partie notable de l'acide carbonique se solidifie sous forme d'une neige blanche. Cette neige placée sur la main y produit la sensation d'une brûlure. Mêlée avec l'éther, elle donne un mélange frigorifique, au moyen duquel on congèle immédiatement l'eau, le mercure, l'acide sulfureux. La température peut s'abaisser à — 90 degrés et même à — 140 degrés, quand on place le mélange sous le récipient de la machine pneumatique. L'acide carbonique solide fond à — 65 degrés.

A la température ordinaire, l'eau dissout son volume d'acide carbonique. Cette solubilité croît avec la pression. C'est sur cette propriété que repose la fabrication de l'eau de Seltz.

Dans ces dernier temps, M. H. Sainte-Claire Deville a effectué la décomposition de l'acide carbonique par la chaleur. Il a proposé d'appeler *dissociation* (1) la décomposition partielle ainsi obtenue. Les étincelles électriques opèrent aussi la décomposition partielle de l'acide carbonique en oxyde de carbone et en oxygène.

L'acide carbonique n'est pas attaqué par l'oxygène. Il éteint les corps en combustion comme l'azote. Les corps avides d'oxygène le détruisent; si l'on fait passer des volumes égaux d'hydrogène et d'acide carbonique à travers un tube porté au rouge, on obtient de l'oxyde de carbone et de l'eau. Le charbon, le phosphore, le silicium, la baryte, se comportent de la même façon. Les métaux de la première section le ramènent à l'état d'oxyde de carbone. L'acide carbonique est un acide faible. Il colore le tournesol en rouge vineux. Mais si on le foule dans de la teinture de tournesol à 2 atmosphères, on obtient la couleur rouge pelure d'oignon. Il forme avec les bases des sels neutres, $MO,CO^2$, et quelquefois des bicarbonates, $MO,HO,2CO^2$. Il éteint les corps en combustion et trouble l'eau de chaux, ce qui le distingue de l'azote. Ce n'est pas un gaz délétère; mais il n'entretient pas la respiration. L'air ne devient irrespirable que lorsqu'il en contient plus de 30 pour 100. On assainit les atmosphères viciées par l'acide carbonique au moyen des alcalis, potasse, soude, chaux éteinte. L'acide carbonique paraît donner lieu à des phénomènes d'anesthésie analogues à ceux que produit l'éther ou le chloroforme.

(1) Voyez le n° 2, page 18.

L'acide carbonique existe à l'état libre dans le sol; beaucoup d'eaux minérales en sont saturées, et il s'en dégage dans les houillères. Cependant il se rencontre surtout dans la nature, à l'état de carbonates divers, et notamment à l'état de carbonate de chaux, qui constitue à lui seul une grande partie de l'écorce terrestre. La combustion, la putréfaction, la respiration, émettent chaque jour des quantités énormes d'acide carbonique dans l'air.

*Préparation.* — On traite un carbonate, ordinairement celui de chaux, par l'acide chlorhydrique :

$$CaO,CO^2 + HCl = CaCl + HO + CO^2.$$

Dans les fabriques d'eau de Seltz, on traite la craie par l'acide sulfurique. On prépare aussi l'eau de Seltz dans les ménages, à l'aide de l'appareil de Briet, par un mélange de bicarbonate de soude et d'acide tartrique, et l'on a proposé de remplacer l'acide tartrique par le bisulfate de soude, qui est moins cher.

L'acide carbonique est employé pour la fabrication de la céruse. On s'en sert dans quelques fabriques de sucre pour saturer la chaux que l'on a fait entrer dans le jus. On a proposé récemment de l'employer pour la fabrication du pain. La farine est placée dans un sac métallique fort, où l'on fait arriver peu à peu de l'eau chargée d'acide carbonique sous une pression de 7 à 8 atmosphères. Quand le pétrissage est fait, on ouvre une bonde; l'acide carbonique chasse la pâte sous forme d'une masse qu'on découpe et qu'on enfourne.

### Oxyde de carbone CO.

Ce gaz a été découvert par Priestley; il est incolore, sans odeur et sans saveur. Sa densité est 0,967. Il brûle avec une flamme bleue, en donnant de l'acide carbonique. L'oxyde de carbone agit d'une façon funeste sur l'économie animale; il détermine d'abord des maux de tête, des vertiges, des nausées, puis un malaise général, et enfin la mort. M. F. Leblanc a reconnu que c'est surtout à ce gaz qu'il faut attribuer l'action délétère de la vapeur de charbon.

L'oxyde de carbone se combine directement avec son volume de chlore sous l'influence des rayons solaires, et donne naissance à l'acide chloroxycarbonique, gaz incolore, doué d'une odeur suffocante; l'eau le transforme en acide chlorhydrique et en acide carbonique. Ce gaz est absorbé par les divers sels d'oxyde de cuivre, $Cu^2O$, dissous dans l'ammoniaque, et ce moyen est employé avec succès pour enlever l'oxyde de carbone d'un mélange de gaz.

*Préparation.* — On peut le préparer en faisant passer un courant d'acide carbonique dans un tube de porcelaine chauffé au rouge et contenant du charbon. Mais ce moyen est rarement employé; on se sert d'ordinaire de l'acide oxalique qu'on traite par un corps très-avide d'eau comme l'acide sulfurique :

$$C^2O^3,HO + SO^3,HO = CO + CO^2 + SO^3,2HO.$$

### Protocarbure d'hydrogène $C^2H^4$.

Ce gaz, appelé encore *hydrogène protocarboné, gaz des marais, grisou, formène, hydrure de méthyle*, a été observé pour la première fois par Volta. Il est incolore, sans saveur ni odeur. Sa densité est 0,722. Il est très-peu soluble dans l'eau. Il n'entretient pas la vie, mais il n'est pas vénéneux. Une série d'étincelles électriques ou le rouge blanc le décomposent dans ses deux éléments. Sous l'influence solaire directe, le chlore l'attaque violemment et avec explosion. Si l'on modère la réaction, soit en ajoutant à ces deux gaz de l'acide carbonique, soit en

Digitized by Google

les tenant dans des flacons réunis seulement par un tube étroit, il se passe, comme l'a montré M. Dumas, des phénomènes de substitution, et l'on obtient les composés : $C^2H^3Cl$; — $C^2H^2Cl^2$; — $C^2HCl^3$; — $C^2Cl^4$, qui dérivent de l'hydrogène protocarboné par la substitution successive de 1, 2, 3, 4 équivalents de chlore à 1, 2, 3, 4 équivalents d'hydrogène.

Le protocarbure d'hydrogène se dégage quand on agite la vase des eaux stagnantes des marais. C'est Volta qui fit le premier cette remarque, en 1778. Ce gaz s'échappe du sol d'une façon continue dans un grand nombre de localités, et comme il est combustible, il ne s'éteint plus, une fois qu'il a été enflammé. Telle est l'origine des feux perpétuels qui brûlent sur les côtes de l'Asie Mineure. Il existe des dégagements analogues près de la mer Caspienne, en Perse, en Chine, dans l'Inde. Dans certains pays, en Sicile par exemple, ils servent pour l'éclairage et le chauffage; et, près d'Agrigente, on les utilise pour la cuisson de la brique et la fabrication de la chaux.

*Préparation.* — Le meilleur moyen, dû à M. Dumas, consiste à chauffer dans une cornue une partie d'acétate de soude cristallisé, une partie de potasse caustique et une partie et demie de chaux vive en poudre. La chaux a pour but d'empêcher la potasse de couler et d'attaquer le verre :

$$NaO,C^4H^3O^3 + KO,HO = NaO,CO^2 + KO,CO^2 + C^2H^4.$$

Les explosions terribles qui ont lieu dans les houillères sont dues au gaz des marais. En vertu de sa légèreté, il tend à s'accumuler dans les parties supérieures des galeries et y produit des mélanges explosifs. Les accidents devinrent si fréquents en Angleterre, de 1812 à 1814, que l'on vint prier Davy de chercher un remède à cet état de choses. Après un grand nombre d'essais, il constata que lorsqu'on écrase une flamme avec une toile métallique, elle ne traverse pas la toile, si on a le soin d'éviter que le gaz refroidi ne rencontre pas de l'autre côté un corps chauffé au rouge. Tel est le principe de la lampe des mineurs. C'est une lampe à huile ordinaire entourée de tous côtés par un manchon de toile métallique. Supposez un mélange détonant : le gaz pénètre dans la lampe à travers la toile métallique et s'enflamme; mais le feu ne se propage pas à l'air extérieur, parce que la toile métallique refroidit la flamme au-dessous du rouge; puis la lampe s'éteint, faute d'oxygène, car ce gaz a été brûlé et changé en acide carbonique.

### Bicarbure d'hydrogène $C^4H^4$.

Ce gaz, souvent appelé *gaz oléifiant*, *hydrogène bicarboné*, *élayle*, *éthylène*, a été découvert en 1795 par quatre chimistes hollandais. Il est incolore, sans saveur, doué d'une odeur faiblement empyreumatique. Sa densité est de 0,970. Il est peu soluble dans l'eau, plus soluble dans l'alcool, dans l'éther et dans l'acide sulfurique. Les actions combinées d'une forte pression et d'un froid considérable produit par un mélange d'acide carbonique et d'éther ont permis de le liquéfier. Il est irrespirable, mais non vénéneux. Lorsqu'on le dirige à travers un tube de porcelaine chauffé au rouge, il se réduit en ses éléments ou en carbone et gaz des marais.

Le chlore attaque avec énergie le gaz oléifiant : 1° Deux volumes de chlore et un volume d'hydrogène bicarboné produisent, quand on y met le feu, une flamme verdâtre très-fuligineuse et un dépôt considérable de noir de fumée. 2° Si l'on expose à la lumière diffuse des volumes égaux de ces deux gaz, ils disparaissent rapidement, en donnant une huile qui tombe peu à peu au fond du vase. Ce liquide, dont la formule est $C^4H^4Cl^2$, est connu sous le nom de *liqueur des Hollandais*. L'huile des Hollandais, soumise à l'action graduée du chlore, donne naissance par substitution aux composés suivants : $C^4(H^3Cl^3)$, — $C^4(H^2Cl^4)$, — $C^4(HCl^5)$, — et $C^4(Cl^6)$. La liqueur des Hollandais se dédouble sous l'influence de la potasse alcoolique, en chlorure de potassium et en le composé $C^4H^3Cl$. Les autres dérivés chlorés sont attaqués de la même façon et donnent : $C^4(H^3Cl)$, — $C^4(H^2Cl^2)$, — $C^4(HCl^3)$, — et $C^4(Cl^4)$. Le gaz oléifiant est absorbé par le brome, ce qui permet de le séparer du gaz des marais, qui n'est pas absorbable par ce réactif. Le brome forme des composés bromés analogues aux composés chlorés.

*Préparation.* — Ce gaz se trouve dans les produits de la distillation sèche des résines, du caoutchouc, des corps gras, de la houille, etc. Pour l'obtenir à l'état de pureté, on a recours à l'action de l'acide sulfurique ou de l'acide borique sur l'alcool. La réaction a lieu à 70 degrés :

$$C^4H^6O^2 + SO^3,HO = C^4H^4 + SO^3,3HO.$$

### Sulfure de carbone $CS^2$.

Le sulfure de carbone, découvert en 1796 par Lampadius, est un liquide très-mobile, incolore, d'une odeur fétide, d'une saveur âcre, doué d'un pouvoir réfringent considérable. Sa densité est 1,293 à 0 degré, et de 1,271 à 15 degrés. Il bout à 45 degrés, et s'évapore promptement à la pression ordinaire, en produisant un froid considérable : en opérant dans le vide, on congèle le mercure, la température s'abaisse jusqu'à —58 degrés. Presque insoluble dans l'eau, qui prend cependant son odeur, il est soluble dans l'alcool et l'éther; dissout le phosphore, l'iode, le soufre, les corps gras, le caoutchouc, le camphre, etc. La chaleur ne le détruit pas. Au contact d'un corps enflammé, il brûle avec une flamme bleue, en produisant de l'acide sulfureux et de l'acide carbonique. Il s'évapore très-rapidement, et par son mélange avec l'oxygène, l'air, le bioxyde d'azote, etc., il forme alors des mélanges explosifs très-dangereux.

C'est un agent de sulfuration énergique : les sulfures de bore et de silicium se préparent en faisant agir le sulfure de carbone sur un mélange d'acide borique ou d'acide silicique et de charbon. Le chlore sec le change en chlorure de carbone. Il se dissout dans la potasse et dans la soude en donnant naissance à du carbonate, à du sulfocarbonate de ces bases : $MS,Cs^2$.

Le sulfure de carbone, tout à fait comparable à l'acide carbonique, forme des sels analogues aux carbonates, souvent isomorphes avec eux, et des composés intermédiaires dans lesquels le soufre est en partie remplacé par l'oxygène. Les formules générales sont : $MS,CS^2$ — $MO,CS^2$ — $MS,CO^2$.

*Préparation.* — Dans le laboratoire, on l'obtient en plaçant de la braise dans un tube de porcelaine légèrement incliné, fermé d'un côté par un bouchon de liége, et adapté de l'autre côté à une allonge dont le bec recourbé plonge de quelques millimètres dans de l'eau contenue dans un flacon de verre muni d'un tube à dégagement. Quand le charbon est porté au rouge, on jette de temps en temps du soufre en petits fragments dans le tube, et on le referme aussitôt. Le soufre fond, se vaporise, réagit sur le charbon, et forme du sulfure de carbone en vapeur, qui se condense dans l'eau sous forme d'un liquide très-dense, coloré en jaune par un excès de soufre. On sépare ensuite le sulfure de l'eau, on le sèche sur

Digitized by Google

du chlorure de calcium fondu, et on le distille au bain-marie, pour séparer le soufre. On fabrique aujourd'hui ce corps sur une grande échelle dans l'industrie.

*Emplois.* — Le prix de cette matière s'est abaissé de 60 fr. le kilogramme à 70 centimes. Le sulfure de carbone a été proposé pour enlever la matière grasse qui est sur la toison des moutons et celle qui est dans les graines oléagineuses, pour dissoudre les résines, le phosphore ordinaire, le caoutchouc. On l'utilise surtout pour séparer le phosphore ordinaire dans la fabrication du phosphore rouge, et pour dissoudre le soufre dans la fabrication du caoutchouc vulcanisé.

**Cyanogène** $C^2Az$ ou Cy.

Scheele avait reconnu le premier qu'en traitant le bleu de Prusse par de l'acide sulfurique et du zinc, on obtenait un gaz répandant l'odeur d'amandes amères et brûlant avec production d'acide carbonique. Il nomma ce gaz l'*acide prussique*. Mais ce fut Gay-Lussac qui fit voir le premier, après une étude détaillée de cet acide et de tous ses dérivés métalliques, que dans tous ces corps 2 équivalents de carbone et 1 équivalent d'azote étaient intimement soudés et que la molécule ($C^2Az$) sortait de sa combinaison avec l'hydrogène et avec les métaux sans se détruire, y rentrait sans se réduire en ses deux éléments; en un mot, qu'elle se comportait comme un corps simple, et spécialement comme le chlore, le brome et l'iode. De là le nom simple de *cyanogène* et le symbole Cy ou $C^2Az$, par lesquels on désigne ce corps composé jouant le rôle de corps simple, de *radical* composé.

Le cyanogène est un gaz incolore, doué d'une odeur vive, particulière, ne rappelant celle du kirsch que lorsqu'il renferme de l'acide prussique. Sa densité est 1,806. Il se liquéfie quand on le soumet au froid que produit l'évaporation rapide de l'acide sulfureux, ou bien quand on le comprime à 4 atmosphères environ. On peut même le solidifier. L'eau dissout 4 fois son volume de cyanogène; la dissolution s'altère rapidement. L'alcool en dissout 23 fois son volume. Le cyanogène ne se détruit pas quand on le dirige dans un tube au rouge; mais si le tube contient du fer, il fournit de l'azote. Une série d'étincelles électriques le décomposent partiellement. Le cyanogène prend feu au contact d'un corps enflammé. Sa flamme est pourpre à l'intérieur et verte à l'extérieur; ce caractère spécifie parfaitement le cyanogène. Un mélange de ce gaz et d'oxygène détone vivement; dans les deux cas on obtient de l'azote et de l'acide carbonique. Le cyanogène ne s'unit qu'indirectement aux métalloïdes. Il s'unit directement aux métaux alcalins pour former des cyanures. Il se combine indirectement avec la plupart des métaux. Le cyanogène et l'acide sulfhydrique s'unissent en présence de l'eau, et donnent, suivant que le premier ou le second est en excès, les composés cristallisés Cy,HS et Cy,2HS.

*Préparation.* — On obtient le cyanogène en décomposant par la chaleur le cyanure de mercure. On commence par le pulvériser et le dessécher, puis on l'introduit dans un tube de verre horizontal placé sur une grille de fil de fer. On chauffe à 300 ou 350 degrés, et l'on recueille le gaz sur la cuve à mercure. Il reste dans la cornue une matière brune, encore mal étudiée, et qui est probablement du cyanogène condensé, un polymère du cyanogène $N(C^2Az)$.

**Acide cyanhydrique ou prussique** $C^3AzH$ ou CyH.

Il paraît que les prêtres d'Égypte connaissaient cet acide et s'en servaient pour empoisonner les initiés qui trahissaient leurs secrets. Cela n'a rien d'impossible, car ce corps existe tout formé dans les feuilles du pêcher et surtout du laurier-cerise, et dans les amandes amères des fruits à noyau. En 1782, Scheele l'obtint mêlé à de l'eau. En 1811, Gay-Lussac le prépara à l'état de pureté. C'est un liquide incolore et très-mobile, doué de l'odeur d'amandes amères. Sa densité est de 0,697. Il se solidifie à 15 degrés en fibres soyeuses, bout à + 26°,5; s'évapore avec une telle rapidité dans un courant d'air, qu'il en résulte un froid capable de solidifier la partie qui ne s'est pas réduite en vapeur. La densité de sa vapeur est de 0,967. C'est le poison le plus violent et le plus rapide que l'on connaisse. Quand on respire de l'air qui en contient de faibles quantités, on est pris de maux de tête, d'étourdissements, de serrements de poitrine. Sa vapeur pure, et surtout l'acide liquide, foudroient instantanément.

L'acide cyanhydrique brûle dans l'air et se transforme en acide carbonique et en eau. Le chlore l'attaque pour donner naissance à du chlorure de cyanogène. Avec les métaux, cet acide se comporte comme l'acide chlorhydrique, et donne naissance à des cyanures. La solution aqueuse se décompose; les acides forts la transforment en ammoniaque et acide formique. Cette attaque de l'acide prussique par les éléments de l'eau a lieu naturellement dans la décomposition spontanée de la solution aqueuse. L'acide cyanhydrique est un acide très-faible qui ne décompose ni les borates ni les carbonates.

L'acide cyanhydrique existe dans les eaux distillées préparées avec les amandes amères du pêcher, de l'abricotier, du cerisier, etc., avec les feuilles du laurier-cerise, avec les feuilles et les fleurs du pêcher, etc.; le kirsch, l'eau de noyaux, lui doivent leur saveur et leur arome.

Ed. Antelme, préparateur de chimie à l'École polytechnique.

---

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE.

**AVIS.**

Au commencement de la semaine prochaine les abonnés recevront quatre tables : une par noms d'établissements, une par noms d'auteurs, une table analytique et très-détaillée par ordre alphabétique des matières, enfin une table générale et sommaire des matières contenues dans nos deux premières années. Nous enverrons également un titre, un faux titre et une couverture pour le brochage de l'année entière. Ce supplément au 52e numéro sera envoyé *franco* à nos abonnés, et vendu 30 centimes sur la voie publique.

Les abonnés dont l'époque de renouvellement échoit à la fin de novembre, et qui désirent, à cette occasion, changer les conditions de leur souscription, et profiter des avantages que leur présente, soit l'abonnement d'un an, s'ils ne sont abonnés qu'au semestre, soit la souscription aux deux *Revues des cours littéraires et scientifiques*, sont priés d'avertir immédiatement M. Germer Baillière, en lui envoyant un mandat sur la poste ou des timbres-poste.

Les abonnés qui d'ici à la fin du novembre n'auront fait parvenir aucun avis au bureau de la *Revue* seront considérés comme désirant continuer leur abonnement dans les mêmes conditions; en conséquence, ils recevront par l'entremise d'un porteur, soit à Paris, soit dans les départements, une quittance analogue à celle qui leur a été déjà remise lors de leur première souscription.

A partir du numéro du 1er décembre, qui inaugurera notre troisième année, nos livraisons, sans changer de format, seront brochées avec couverture de couleur et imprimée. Cette amélioration importante nous permettra de donner une plus large place au texte dans l'intérieur du numéro. De plus, nous donnerons des figures toutes les fois que l'intelligence du texte les rendra nécessaires.

---

*Le propriétaire-gérant :* Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

# TABLE DES ÉTABLISSEMENTS PUBLICS

## COLLÉGE DE FRANCE

**Médecine expérimentale.** — Cours de M. Claude Bernard, sur le *curare* considéré comme moyen d'investigation biologique, pag. 69, 102, 121, 138, 153, 179, 218, 239, 242, 347, 369, 379, 401, 435, 449, 453, 486, 503, 514, 531, 625, 634.

**Embryogénie comparée.** — Cours de M. Coste. — Transport de la semence sur les ovaires. Lieu de la fécondation, pag. 78.

**Chimie organique.** — Cours de M. Berthelot.

*Premier semestre.* Histoire des alcools et des éthers, pag. 56, 93, 157, 249, 321, 364, 418.

*Second semestre.* Du rôle de la chaleur dans la formation des combinaisons organiques, pag. 441, 457, 473, 495, 525, 547, 564, 577, 611, 621, 659, 688, 740, 751.

**Histoire de la médecine.** — Cours de M. Daremberg, pag. 55.

## MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

**Physiologie comparée.** — Cours de M. Vulpian sur le système nerveux, pag. 107, 127, 213, 270, 299, 410, 451, 479, 541, 589, 605, 653, 678, 719, 736, 747.

**Zoologie.** — Cours de M. Lacaze-Duthiers. — I. Comment il faut entendre aujourd'hui l'étude de la zoologie, 86. — II. Des animaux invertébrés en général, 142. — III. La série animale 252. — IV et V. Histoire des classifications du règne animal, 352 et 383.— VI. Classification générale des zoophytes, 421.— VII. Organisation générale des zoophytes, 447.— VIII, IX, X, XI. Le corail, son historique, sa reproduction, sa pêche et son commerce, pag. 469, 483, 550, 585.

**Anthropologie.** — Cours de M. de Quatrefages.— I. Unité de l'espèce humaine, 538.— II et III. Théorie d'Agassiz, 581 et 691. — IV. Lieu primitif d'habitation de l'homme, 618. — V, VI et VII. L'homme antéhistorique et l'homme fossile; migrations par terre, 649 et 666. — VIII. Migrations par mer, physique générale du globe, 695. — IX, X et XI. Migrations polynésiennes, peuplement de la Nouvelle-Zélande, de Tahiti, des Sandwich et des Kingsmill; époques de ces migrations, 705, 724, 730.— XII, XIII et XIV. Peuplement de l'Amérique, ses rapports avec l'Asie et avec l'Europe antérieurement aux découvertes de Christophe Colomb, races américaines, 733 et 767. — XV, XVI et XVII. De l'acclimatation; colonisation de l'Algérie, 777 et 804. — XVIII. L'homme primitif, 812.

**Physique végétale.** — Cours de M. George Ville. — I. Situation actuelle de l'agriculture en France, 522. — II. Combinaisons des éléments organiques et minéraux pour former le végétal, 594. — III. Idées des chimistes sur la constitution des corps organiques, 628. — IV, V. Produits transitoires de l'activité végétale : les hydrates de carbone, théorie chimique de la nutrition végétale, 643 et 714. — VI. Les albuminoïdes, 755. — VII. Les fermentations, 789.— VIII. La germination, 825.

**Physique appliquée à l'histoire naturelle.** — Cours de M. Becquerel.— Intervention des forces physiques dans les phénomènes de la nature organique et inorganique, 2, 96, 161, 407.

## FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

**Physiologie générale.** — Cours de M. Claude Bernard, de 1864, sur les mouvements réflexes et leur rôle dans les différents phénomènes de l'organisme, 10, 28, 36.

**Physiologie générale.** — Cours de M. Claude Bernard, de 1865, sur les liquides de l'organisme et en particulier sur le sang, 331, 809, 831, 842.

**Géologie.** — Cours de M. Hébert. — Progrès de la géologie, 358.

**Chimie minérale.** — Cours de M. H. Sainte Claire-Deville. — Méthodes générales de réduction des métaux, 374.

## SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

**Physique.** — M. Boutan. Conversion des liquides en vapeur, 57.
— M. Jamin. L'aimant, 185.
— M. Troost. Le feu, 207.
— M. Lissajoux. Étude des sons musicaux, 282.

**Physique et chimie.** — M. Riche. L'air et son rôle dans la nature, 506.
— M. Fernet. La photographie, 118.

**Chimie.** — M. Payen. L'éclairage au gaz, 82.
— M. Wurtz. L'eau, 134.
— M. Pasteur. Des fermentations ou du rôle de quelques êtres microscopiques dans la nature, 199.

**Astronomie.** — M. Briot. Les nébuleuses, 394.

**Histoire naturelle.** — M. Milne Edwards. Instinct et intelligence des animaux, 34.
— — M. Gratiolet. La physionomie, 165.
— — M. Blanchard. Production de la soie et de quelques autres matières textiles fournies par les animaux, 274.
— — M. Hollard. Unité de l'espèce humaine, 342.

**Physiologie.** — M. Claude Bernard. Le cœur et ses rapports avec le cerveau, 314.

**Histoire de la science.** — M. Bertrand. Newton, sa vie et ses travaux, 190.

## CONFÉRENCES HISTORIQUES DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.

M. Verneuil.— Les chirurgiens érudits; Antoine Louis, 290.

M. Lasègue.— L'école de Halle; Frédéric Hoffman et Stahl, 306.

M. Follin.— Guy de Chauliac, 553.

M. Béclard.— Harvey, 569.

## FACULTÉ DE MÉDECINE.

**Thérapeutique.** — M. Trousseau. Discours d'ouverture, 326.

**Maladies mentales.** — M. Lasègue. Leçon d'ouverture, 32.

**Histologie.** — Cours de M. Robin, 25, 66, 302 et 99.



Digitized by Google

**Pathologie générale.**— Cours de M. Axenfeld, 68, 90.

**Chimie organique.**— Cours de M. Wurtz, 164, 340.

ÉCOLE PRATIQUE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.

**Philosophie de la médecine.** — Conférence de M. Hiffelsheim. Du matérialisme et du spiritualisme en médecine, 89.

ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS.

**Chimie minérale.**— Cours de M. Riche. Les métalloïdes et leurs composés, 48, 113, 388, 472, 598, 641, 672, 709, 721, 773, 788, 807, 816, 837, 848.

**Botanique.** — Cours de M. Chatin. Organographie végétale, 7, 131, 202, 255, 287.

ÉCOLE DES MINES DE PARIS.

**Minéralogie.** — Cours de M. Daubrée.— Histoire de la minéralogie, 9.

CONFÉRENCES DE LA RUE DE LA PAIX.

**Histoire naturelle.** — M. N. Joly. L'homme fossile, les habitations lacustres et l'industrie primitive, 258.
— M. Barral. Passé et avenir des sciences, 53.

SALLE DU GRAND ORIENT.

**Physiologie.** — M. N. Joly. La génération spontanée, 226.

CERCLE AGRICOLE DE PARIS.

Conférence de M. Babinet. Revue orale des sciences, 489.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS.

**Chimie générale.** — M. Sainte-Claire Deville (H.). Des phénomènes de dissociation, 18. — Les densités de vapeur, 75.

ASSOCIATION PHILOTECHNIQUE.

Cours de M. Grandeau. Matières premières de l'industrie, 100.

HOPITAL DE LA CHARITÉ.

**Physique médicale.** — Conférences de M. le docteur Remak (de Berlin), sur l'application du courant constant au traitement des névroses, 23, 46, 111, 159.

HOPITAL BEAUJON.

M. Sée. Leçons de physiologie clinique, 101.

FACULTÉ DES SCIENCES DE STRASBOURG.

**Chimie.**— Cours de M. Liès-Bodard. Recherches de M. Meissner (de Gœttingue), sur l'ozone et l'antozone, 425.

FACULTÉ DES SCIENCES DE CLERMONT.

**Histoire naturelle.** — Cours de M. Lecoq. De la végétation du printemps, 390.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES D'AUXERRE.

**Physiologie.**— Conférence de M. Bert (Paul), 355.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE VERSAILLES.

**Physique.**— M. Bazin. Effets mécaniques de la chaleur, 431.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE RIOM.

**Géologie.**— M. Lecoq. La géologie de l'Auvergne, 150.

UNIVERSITÉ DE NAPLES.

**Météorologie.**— Cours de M. Palmieri. De l'électricité atmosphérique, 43 et 63.

UNIVERSITÉ DE ZURICH.

**Physiologie.**—Cours de M. Moleschott. Vie et lumière, 698.

**Botanique.**— Cours de M. Noegeli. De l'individualité dans la nature principalement au point de vue du règne végétal, 794.

UNIVERSITÉ DE BALE.

**Chimie physiologique.**— Cours de M. Schœbein. Action de l'oxygène sur le sang, 762.

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES DE TURIN.

**Philosophie des sciences.** — M. Matteucci. De la méthode expérimentale, 336.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

En tête de chaque numéro se trouve un compte rendu de l'Académie des sciences et des principales séances des autres Sociétés savantes; en outre, les communications les plus importantes sont publiées *in extenso*.
Communications publiées :

**Chimie générale.** — M. Sainte-Claire Deville (H.). Dissociation de l'oxyde de carbone, 22. — Sur les densités
— de vapeurs anomales et la saturation de l'ammoniaque, 69.

**Astronomie.**— M. Faye. Idées nouvelles sur la constitution physique du soleil, 146.

**Zoologie.** — M. Lacaze-Duthiers. Des sexes et de la génération chez les Alcyonaires, 392.

**Tératologie.**— M. Dareste (Camille). Origine et mode de formation des monstres omphalosites, 552.

**Chimie.**—M. Viollette (Ch.). Des causes de la cristallisation subite des dissolutions salines sursaturées et de la dissémination du sulfate de soude dans l'air, 424.

VARIÉTÉS.

M. Blanchard (E.). Des ravages occasionnés aux betteraves du nord de la France par la Noctuelle des moissons, 681.

M. Buchner. *Vie et lumière*, appréciation de la leçon de M. Moleschott, 703.

M. Meunier (Victor). La lune est-elle habitée? a-t-elle une atmosphère? 727.

Digitized by Google

# TABLE DES AUTEURS


Axenfeld. Cours de *pathologie générale*, 68, 99.
Babinet. Revue orale des sciences, 489.
Badral. Conférence sur le passé et l'avenir des sciences, 53.
Béclard. Conférence sur Harvey, 569.
Becquerel. Cours de *physique appliquée à l'histoire naturelle*, 2, 96. 161, 407.
Bernard (Claude). Cours de *physiologie générale* de 1864 sur les mouvements réflexes et leur rôle sur l'organisme, 10, 28, 36.
Bernard (Claude). Cours de *physiologie générale* de 1865 sur les liquides de l'organisme, et en particulier sur le sang, 331, 809, 831, 842.
Bernard (Claude). Cours de *médecine expérimentale* sur le curare, considéré comme moyen d'investigation biologique, 69, 102, 121, 138, 153, 179, 218, 239, 242, 347, 369, 379, 401, 435, 449, 453, 486, 503, 514, 531, 625, 634.
Bernard (Claude). Conférence sur le cœur et ses rapports avec le cerveau, 314.
Bert (Paul). Conférence sur la physiologie, 355.
Berthelot. Cours de *chimie organique*. Premier semestre : histoire des alcools et des éthers, 56, 93, 157, 249, 321, 364, 418. — Second semestre : du rôle de la chaleur dans la formation des combinaisons organiques, 441, 457, 473, 495, 525, 547, 564, 577, 611, 621, 659, 688, 740, 751.
Bertrand. Conférence sur Newton, sa vie et ses travaux, 190.
Blanchard (Emile). Conférence sur la production de la soie et de quelques autres matières textiles fournies par les animaux, 274.
Blanchard (Emile). Des ravages occasionnés aux betteraves du nord de la France par la Noctuelle des moissons (*Noctua segetum*), 681.
Boutan. Conférence sur la conversion des liquides en vapeur, 57.
Briot. Conférence sur les nébuleuses, 394.
Buchner. *Vie et lumière*, appréciation de la leçon de M. Moleschott, 703.
Cazin. Conférence sur les effets mécaniques de la chaleur, 431.
Chatin. Cours de *Botanique* sur l'organographie végétale, 7, 131, 202, 255, 287.
Coste. Cours d'*embryogénie comparée* (fin), 78.
Darembeg. Ouverture de son cours d'*histoire de la médecine*, 55.
Dareste (Camille). Origine et mode de formation des monstres omphalosites, 552.
Daubrée. Leçon sur l'histoire de la *minéralogie*, 9.
Deville (Henri Sainte-Claire). Leçons de *chimie minérale* sur les méthodes générales de réduction des métaux, 374.
Deville (Henri Sainte-Claire). Conférences sur les phénomènes de dissociation et les densités de vapeur, 18 et 75.
Deville (Henri Sainte-Claire). Note sur la dissociation de l'oxyde de carbone, 22.
Deville (Henri Sainte-Claire). Note sur les densités de vapeurs anomales et la saturation de l'ammoniaque, 69.
Faye. Idées nouvelles sur la constitution physique du soleil, 146.
Fernet. Conférence sur la photographie, 118.
Follin. Conférence sur Guy de Chauliac, 553.
Grandeau. Cours sur les matières premières de l'industrie, 100.
Gratiolet. Conférence sur la physionomie, 165.
Hébert. Leçons sur les progrès de la *géologie*, 358.
Hiffelsheim. Conférence sur le matérialisme et le spiritualisme en médecine, 89.
Hollard. Conférence sur l'unité de l'espèce humaine, 342.
Jamin. Conférence sur l'aimant, 185.
Joly (de Toulouse). Conférence sur la génération spontanée, 226.
Joly (de Toulouse). Conférence sur l'homme fossile, les habitations lacustres et l'industrie primitive, 258.
Lacaze-Duthiers. Cours de *zoologie* sur les zoophytes, et en particulier sur le corail, 86, 142, 252, 352, 383, 421, 447, 469, 483, 550, 585.
Lacaze-Duthiers. Des sexes et de la génération chez les Alcyonaires, 392.
Lasègue. Conférence sur l'école de Halle, Frédéric Hoffman et Stahl, 306.
Lasègue. Leçon d'ouverture du cours de *maladies mentales*, 32.
Lecoq. Conférence sur la géologie de l'Auvergne, 150.
— Leçon sur la végétation du printemps, 390.
Liès-Bodard. Recherches de M. Meissner (de Gœttingue) sur l'ozone et l'antozone, 425.
Lissajoux. Conférence sur les sons musicaux, 282.
Matteucci. Conférences sur la méthode expérimentale, 336.
Meunier (Victor). La lune est-elle habitée ? A-t-elle une atmosphère ? 727.
Milne Edwards. Conférence sur l'instinct et l'intelligence des animaux, 34.
Moleschott. Leçon de *physiologie* : Vie et lumière, 698.
Nœgeli (Charles). Leçon sur l'individualité dans la nature, principalement au point de vue du règne végétal, 794.
Palmieri. Leçons de *météorologie* sur l'électricité atmosphérique, 43 et 63.
Pasteur. Conférence sur les fermentations, ou le rôle de quelques êtres microscopiques dans la nature, 199.
Payen. Conférence sur l'éclairage au gaz, 82.
Quatrefages (de). Cours d'*anthropologie*, 538, 581, 601, 618, 649, 666, 695, 705, 724, 730, 733, 767, 777, 804, 812.
Remak (de Berlin). Conférences sur l'application du courant constant au traitement des névroses, 23, 46, 111, 159.
Riche. Cours de *chimie minérale* sur les métalloïdes et leurs composés, 48, 113, 388, 472, 598, 641, 672, 709, 721, 773, 788, 807, 816, 837, 848.
Riche. Conférence sur l'air et son rôle dans la nature, 506.
Robin (Charles). Cours d'*histologie*, 25, 66, 302 et 99.
Schoenbein. Leçon de *chimie physiologique* relative à l'action de l'oxygène sur le sang, 762.
Sée. Leçons de physiologie clinique, 101.
Troost. Conférence sur le feu, 207.
Trousseau. Discours d'ouverture du cours de *thérapeutique*, 326.
Verneuil. Conférence sur les chirurgiens érudits, et particulièrement Antoine Louis, 290.
Ville (Georges). Cours de *physique végétale*, 522, 594, 628, 643, 714, 755, 783, 825.
Violette (Charles). Causes de la cristallisation subite des dissolutions salines sursaturées, 424.
Vulpian. Cours de *physiologie comparée* sur le système nerveux, 107, 127, 213, 270, 299, 410, 451, 479, 541, 589, 605, 653, 678, 719, 736, 746.
Wurtz. Conférence sur l'eau, 134.
— Cours de *chimie organique*, 164, 340.


Digitized by Google

# TABLE DES MATIÈRES

## A


Abeilles, 747, 748.
Abeille xylocope. Voy. Xylocope (Abeille).
Abdominaux (Ganglions) chez les Annelés, 610.
Absinthe. Son action sur les insectes, 2.
Absorption. Ses variations, 124; — plus ou moins rapide, suivant la concentration des liqueurs et l'étendue de la surface d'absorption, 182, 183. — *Absorption sous-cutanée*, 124 à 127 et 138 à 142; — se fait surtout par les veines, 138; — on peut la régler en réglant le cours du sang et préserver ainsi certaines régions, 139 à 142; — l'absorption sous-cutanée se décompose en deux absorptions successives, conséquences, 141; — absorption cutanée; elle est fort infidèle, 142. — *Absorption intestinale*, 153 à 157, 179 à 185; — elle est plus lente et plus variable que l'absorption sous-cutanée, conséquences, 181 à 185, — la présence des aliments la retarde, 185.
Abstinence. Son influence sur la rapidité de l'empoisonnement par le curare, 149.
Acalèphes. Ont-ils un système nerveux? 645.
Acclimatation, 777 à 783, 804 à 807.
Acéphales (Mollusques). Leur système nerveux, 590.
Acétique (Acide), 421.
Acides. Voy. un nom particulier de chaque acide; — nuisent à la germination, 828.
Acides dérivés des alcools, 56.
Actinies, Voy. Anémones de mer.
Action réflexe; causes qui l'exaltent, 213 à 216; — causes qui la diminuent, 216 à 218. Voy. Mouvements réflexes.
Action thérapeutique et action toxique; ne diffèrent que par la dose, 104, 105.
Activité végétale, ses produits transitoires, 643 à 648, 714 à 718, 755 à 760.
Adam était roux, 815.
Adhésion des tissus, 67, 68.
Affinité, 49; circonstances favorables ou contraires à son action, 50; — 784.
Agassiz; sa classification du règne animal, 386; — sa théorie sur l'espèce humaine; critique de cette théorie, 581 à 584, 601 à 605.
Age de bronze, 652, 659.
Age de fer, 652, 659.
Age de pierre, 652, 659.
Agricola, minéralogiste, 9.
Agriculture. Sa situation actuelle en France, nécessité de la perfectionner, 522 à 524.
Aiguille aimantée, sa direction, 186.
Aiguillons des plantes, 132.
Aimant, 185 à 188.
Air au point de vue physique, chimique et physiologique, 506 à 514.
Albumine, 756.
Albuminoïdes, 755 à 760.
Alcalins (Sels). Quantités contenues dans les végétaux, 595; — favorisent la germination, 828.
Alcool de vin; — sa composition, 93 à 96; — son analyse, 157, 158. Voy. Alcools.
Alcool méthylique, 418 à 421.
Alcools. Aperçu de leur histoire, corps auxquels ils donnent naissance, 56, 57; — 630 à 632; — méthodes générales de formation, chaleurs dégagées, 659 à 662; — 714 à 717.
Alcyonaires; des sexes et de la génération chez ces animaux, 392.
Aldéhydes, 56; — chaleurs dégagées dans leur formation, 662 à 664, 686.
Algérie, sa colonisation, 780 à 783.
Aliments de l'homme, 54.
Aliénés, historique de leur situation devant la loi, la société et la science, 32.
Américaines (Races), 343, 734 à 736.
Amérique. Son peuplement, 733 à 736; — ses rapports avec l'Asie et l'Europe antérieurement aux découvertes de Christophe Colomb, 767 à 773.
Amides, 57.
Ammocètes branchiales, 87.
Ammoniaque, 672 à 674; son union avec l'acide chlorhydrique, 69 à 71.
Ammoniaques composées, 56.
Ammonium, 673.
Amour, au point de vue de la physionomie, 174, 175.
Ampère, découverte des lois de l'électromagnétisme, 186, 187.
Amphioxus, 253, 254.
Analyse spectrale. Voy. Spectrale (Analyse).
Anatifes, 87.
Anatomie végétale élémentaire, 7 à 9.
Anches, 284.
Anciens; représentent la jeunesse de la science, 103.
Anémones de mer, 447, 448, 449.
Anguillules, 201; — perdent leur faculté de réviviscence en se perfectionnant, 335.
Animal (Règne). Voy. Règne animal.
Animale (Chaleur), 740 à 744, 751 à 755.
Animaux, leurs instincts et leur intelligence, 34 à 36.
Animaux supérieurs, plus complexes que les animaux inférieurs, 335.
Annelés. Leur système nerveux, 605 à 611.
Annelides. Leur système nerveux, 606, 607.
Anomales (Densités). 70, 71.
Anomales (Tiges), 255, 256.
Anthropomorphes (Singes). Leurs circonvolutions cérébrales, 730, 731.
Antiquité de l'homme. Voy. *Homme antéhistorique, homme fossile.*
Antozone et ozone, 426 à 431, 763 à 767.
Aphasie ou aphémie, 17, 18; — 482, 483.
Aphylles (Plantes), 288.
Aptenodytes, 254.
Arabes; leur chirurgie, 294, 295.
Araignées. Comme productrices de soie, 279 à 282; — leur structure, 280; — leurs toiles, 281.
Arbre; vaste nécropole, 799, 800.
Argent; séparation de ses pépites, 374.
Aristote; — minéralogiste, 9; — on retrouve dans ses écrits l'idée de la série animale, 253; — et l'idée que la succession des états par lesquels passe l'embryon humain, représente la série des animaux, 255; — sa classification du règne animal, 352, 353.
Arsénic (Hydrogène), 849.
Arsénieux (Acide), 849, 850.
Arsenic, 849.
Arsénique (Acide), 849.
Artères; leurs communications directes avec les veines, 41.
Artériel (Système), 833.
Asie; ses rapports avec l'Amérique, 768 à 770.
Astéries; ont-elles un système nerveux? 545, 546.
Atavisme, 815.
Atmosphère; source où puisent les êtres vivants pour se développer, 199, 200.
Atmosphérique (Électricité); diverses méthodes employées pour la mesurer, 46, 47, 48; électricité à ciel serein, 62; électricité à ciel couvert, 63, 64, 65.
Atmosphérique (Pression), 506 à 508.
Atomes, 3.
Atomiques (Volumes), 75, 76.
Attraction moléculaire, 3.
Australiennes (Populations), 343.
Autonomie des éléments organiques, 504.
Autopsie; n'est véritablement instructive que lorsqu'elle est pratiquée aussitôt après la mort, 106.
Auvergne. Sa géologie, 150 à 153.
Azote. Son oxydation par l'oxygène électrisé, 427 à 429; — son absorption par la graine et la plante, 827; — quantités contenues dans les végétaux, 598.
Azote (Bioxyde d'), 642.
Azote (Chlorures d'), 820.
Azote (Iodure d'), 820.
Azote (Protoxyde d'), 642, 643.
Azotés (Composés organiques); chaleur dégagée dans leur formation, 691 à 695.
Azoteux (Acide), 642.
Azotique (Acide), 598 à 600.


## B


Baïkal (Phoques du lac), 493.
Balanes, ou glonis de mer, 86, 87.
Balsamite; son action sur les insectes, 2.
Barbules du corail, 470.
Baromètre, 506, 507.


Digitized by Google

Bataviques (Larmes), 6.
Batraciens. Leur système nerveux, 678 à 680, 719 à 721.
Bauer. Voy. Agricola.
Bebris molle, 447.
Berzelius; ses travaux minéralogiques, 10.
Betteraves; ravages qu'elles ont subis dans le nord de la France de la part de la *Noctua segetum*, 521, 522, 681 à 688.
Bicarbure d'hydrogène, voy. Hydrogène bicarboné.
Bichat; sa classification des fonctions vitales et des propriétés des tissus vivants, 331, 332.
Bignoniacées, leurs tiges, 256.
Bile; empoisonnement par la bile, comparer l'empoisonnement par le curare, 181.
Bisulfure d'hydrogène, 723.
Blainville (de). Ses idées sur la série animale, 254.
Blastogenèse, 145.
Blastozoïte, 448.
Boccone; son opinion sur le corail, 550.
Bologne; son École médicale, 555.
Bombyx. Voy. Vers à soie.
Bombyx bauhiniæ, 279.
Bombyx de l'ailante, 279.
Bombyx du ricin comme producteur de soie, 279.
Bombyx mylitta, comme producteur de soie, 279.
Bonnellie, 86.
Bonnet (de Genève); il expose le premier l'idée de la série animale, 252, 253.
Bore, 850.
Borique (Acide), 850, 851.
Bouche; ses mouvements au point de vue de la physionomie, 169, 170.
Boucher de Perthes; ses recherches relativement à l'homme fossile, 668 et suiv.
Bourgeons; leur développement, 341.
Brome, 807, 808, 816.
Bromhydrique (Acide), 818, 819.
Bromique (Acide), 818.
Brote, nouveau fourrage, 54.
Bryozoaires; leur système nerveux, 589, 590.
Buffon. Caractères de la vérité dans les sciences, 360.
Bulbe rachidien, 270 à 272, 299 à 302.
Bulbotige, 203, 204.

## C

Caléfaction, 61 à 63.
Cantonnement primitif de l'homme, 620, 621.
Capillaires (Phénomènes), 161 à 164. — Chaleur que dégagent les actions capillaires, 161 à 163; — capillarité dans les corps poreux, 163; 164.
Capillaires (Vaisseaux). Leur constitution et leur contractilité, 41.
Carbone, 851 à 853; — chaleur dégagée par sa combustion, 612; — quantités contenues dans les végétaux, 598.
Carbone (Hydrates de) dans les végétaux, 643 à 648, 714 à 718.
Carbone (Oxyde de), 854, 855; — chaleur dégagée par sa combustion, 612; — sa dissociation, 22.
Carbone (Sulfure de), 855, 856.
Carbonique (Acide), 853, 854; — son rôle dans l'atmosphère, sa production et sa destruction, 512 à 514, 699, 700; — son rôle dans la germination, 827.
Carbures. Voy. au nom particulier de chaque carbure.
Cardia (Sphincter du). Persistance de sa contraction après la section des nerfs et phénomènes qui en résultent, 29, 30.
Caséine ou légumine, 756.
Catalytique (Force), 50
Caucasique (Race), 342.
Cavités closes chez les animaux, liquides qu'elles contiennent, 812.
Cellule végétale, 7, 8; — germe de l'arbre entier, 801.
Cellulose, 644.
Celse, 293, 294.
Centres de création zoologiques, idées d'Agassiz, 583, 583, 602 à 604, 618.
Centre modérateur des mouvements reflexes, 12.
Centre des mouvements réflexes, 38.
Centrifuge (Force), 6.
Céphalophores, ou céphalidés; leur système nerveux, 590, 591.
Céphalopodes. Leur système nerveux, 592.
Céréales; ne peuvent être cultivées dans certaines régions à cause de la chaleur du sol. 829.
Cérébrales (Circonvolutions). Voy. *Circonvolutions cérébrales.*
Cérébrales (Facultés); résident dans la substance grise, 479, 480; — leur localisation, 479 à 483.
Cérébro-spinal (Système nerveux). Son action sur le grand sympathique, 40.
Cerveau. Son rôle dans les phénomènes de sensibilité, 451 à 453; — dans les mouvements volontaires, 453, 454; — dans les phénomènes intellectuels, instinctifs et affectifs, 454 à 456; — son influence sur les mouvements réflexes, 12; — ses rapports avec le cœur, 318 à 321; — phénomènes qui résultent de son ablation, 15.
Cervelet. Ses fonctions, 413 à 418.
Cervical (Ganglion). Effet de son extirpation, 680.
Césalpin n'a point connu les deux circulations (du sang), 577, 578.
Cestoïdes. Leur système nerveux, 605.
Chaleur. Son rôle dans la formation des combinaisons organiques; méthodes diverses pour la mesurer, 441 à 446; — de combinaison des corps 457 à 463; — de décomposition des substances minerales et organiques, 473 à 479, 495 à 503; — dégagée ou détruite dans les combinaisons chimiques, 525 à 531, 547 à 549, 564 à 568, 577 à 581; — dans la formation des composés organiques, 611 à 616, 621 à 624, 659 à 664, 689 à 694; — production de la chaleur animale, 740 à 744, 751 à 755; — ses effets mécaniques; leur explication, 431 à 435; — toute la chaleur développée sur la terre vient en réalité du soleil, 208; — peut exister sans lumière, 208; — diverses sources de chaleur, 209; son influence sur la germination, 828, 829.
Chaleur animale. Voy. *Animale* (Chaleur).
Chaleur solaire. Son origine, 147. — Toute la chaleur developpée sur la terre vient en réalité du soleil, 208.
Chalumeau. Étude de sa flamme, 21, 22.
Chalumeau à oxygène et hydrogène, 389.
Charbon. Source de tout mouvement et de tout feu, 212, 213; — réducteur des métaux, 375 à 378.
Charbon de bois, 853.
Charbon des cornues à gaz, 853.
Charbon ou sang de rate, 617, 633, 698, 729.
Chauliac (Guy de). Voy. Guy de Chauliac.
Chaume, tige des monocotylédones, 203.
Chaux; quantités contenues dans les végétaux, 596, 597.
Chimie; sa définition, 48; — son objet, 48 et 49.
Chimique (Nomenclature), 51, 52.
Chimiques (Combinaisons). Voy. *Combinaisons chimiques.*
Chimique (Phénomènes et forces), 48 et 49.
Chirurgie. Aperçu de son histoire, 292 à 299.
Chirurgiens érudits, 290 à 299.
Chlore, 773 à 776; — son action sur la germination, 828.
Chloreux (Acide), 789.
Chlorhydrique (Acide), 790 à 792, 807, 69 à 71.
Chlorique (Acide), 776.
Chlorophylle, 8.
Chlorose végétale, 8.
Chlorures. Voy. au nom particulier de chaque chlorure.
Choc; source de feu, 209.
Choléra, 761, 762, 793, 794.
Chyle, 831.
Ciel couvert (Électricité à), 63 à 65.
Ciel serein (Électricité à), 63.
Ciments hydrauliques, 409.
Circulation. Influence de ses troubles sur l'intensité des actions réflexes, 216, 217.
Circulation du sang, sa découverte, 570 à 577.
Circonvolutions cérébrales, 739, 740.
Clarke (Appareil de), 187.
Classifications du règne animal, 352 à 355, 383 à 388.
Coagulabilité du sang, 847, 848.
Cœnure. Voy. *Cysticerque.*
Cœur. Sa constitution, ses fonctions, son mécanisme, ses rapports avec le cerveau et l'expression des sentiments, 314 à 321; — son arrêt par la galvanisation des nerfs pneumogastriques, 318, 720, 721.
Cohésion, 49, 96, 783, 784.
Coke, 84, 853.
Collet de la plante, 204.
Colomb (Christophe). Relations de l'Europe avec le nouveau monde antérieurement à sa decouverte, 770 à 773.
Combinaison des corps entre eux; présente les caractères de la condensation des vapeurs, 20.
Combinaisons chimiques, chaleur qu'elles dégagent ou détruisent. 525 à 531, 547 à 549, 564 à 568, 577 à 581. — Combinaisons organiques, 611 à 616, 621 à 624, 659 à 664, 689 à 694.—Voy. Animale (Chaleur).
Combustion, 209, 511.
Compressibilité, 5.
Conifères. Leurs tiges, 256.
Constantin l'Africain, traducteur des traités de chirurgie des Arabes; il commence la célébrité médicale de Salerne, 295.
Constitution du corps d'après les chimistes, 628 à 632.
Conversion des liquides en vapeur, 57 à 63.
Convulsions. Peuvent tenir à trois causes, 243.
Corail, 469 à 472, 483 à 486, 550 à 552, 585 à 589.
Corps organiques. Leur constitution d'après les idées des chimistes, 628 à 632.
Corrélation des formes, principe découvert par Cuvier, 387, 388.
Courants constants. Leur application au



Digitized by Google

traitement des névroses, 23 à 25, 46 à 48, 111 à 113, 159 à 161 ; — leurs effets locaux sur les organes des sens, 24, 25.
Courants marins, 705.
Crampons, 132.
Crapaud. Son venin peut empoisonner les crapauds comme les autres animaux ; c'est un poison musculaire, 125, 126, 155.
Cristallins (Systèmes), 49, 50, 97,
Cristallisation, 49, 96 à 98.
Critique scientifique. Comment elle doit être faite et utilité qu'elle présente, 379, 380.
Cuivre. Sa réduction par l'hydrogène, 375.
Curare. Ses propriétés toxiques, 106, 107 ; — son origine, 121, 122 ; — tue tous les animaux (discussion des expériences de Fontana), 125, 126 ; — son absorption par le tissu cellulaire sous-cutané, 123 à 127 et 138 à 142 ; — son innocuité dans le canal intestinal, 122, 123 ; — diverses opinions émises pour expliquer cette innocuité, 153 à 157 ; — elle cesse lorsqu'on opère sur des animaux à jeun, et n'existe pas chez les oiseaux, 154, 156. — Le curare ne subit de la part des sucs digestifs aucune action qui altère ses propriétés toxiques, 154, 179 à 181 ; — il dialyse à la manière des substances cristalloïdes, 155 ; — lenteur de son absorption dans l'estomac et dans les intestins, 154, 181 à 185 ; — elle explique son innocuité dans ces organes, 183, 184 ; — la présence des aliments empêche aussi son absorption, 185 ; — le curare devient toxique dans l'intestin quand on empêche son élimination incessante en extirpant les reins, 183, 184. — Mécanisme de la mort par le curare, 218 à 224 et 239, 240. — Ce poison respecte le muscle et tue le nerf moteur sans atteindre le nerf sensitif, 219 à 222 et 380 à 383 ; — le nerf moteur perd d'abord ses propriétés à son extrémité médullaire, puis ensuite le long de son tronc, 383, 435 à 438 ; — il peut conserver son irritabilité électrique pendant un certain temps, lorsque l'influence de la volonté est déjà détruite, 222, 223, 438, 637 ; — il n'est atteint par le curare qu'à son extrémité musculaire, 223, 224, 239, 240 ; — la mort par le curare est le résultat de l'asphyxie résultant de la paralysie des nerfs respiratoires, 224. — Action du curare sur les différentes espèces de nerfs moteurs, 242 à 245 ; — son action sur les sécrétions, 245, 246 ; — il peut servir à produire artificiellement le diabète, 246 à 248. — Des variations de force du curare, de ses diverses espèces et de sa fabrication, 347 à 351 ; — de ses propriétés chimiques et de son inaltérabilité, 351 ; — substances qui peuvent arrêter ses effets toxiques, 351, 352. — Extraction du principe actif du curare ou curarine, 369 à 371 et 438 à 440. — De l'accoutumance au curare, 371, 372. — Son principe toxique dérive peut-être du *Paullinia cururu*, 438. — Critique expérimentale des travaux relatifs au curare ; son action sur le nerf moteur seul, 379 à 383 ; — comparaison du curare et de la strychnine, 401 à 404 ; — action du curare sur le grand sympathique, 404 à 407 et 532 à 534 ; — comparaison des effets du curare avec ceux de la curarine, 449 à 451 ; — son action diurétique, 450 ; — son antagonisme prétendu avec la strychnine : cet antagonisme se réduit à une action diurétique du curare, 463 à 469 ; essai de son emploi contre le tétanos, 466 et 468. — Le curare considéré comme moyen d'investigation physiologique pour l'étude des propriétés du système nerveux, 486 à 488, 503, 504, 514 à 520 ; — comparaison de la mort du nerf moteur par le curare et de sa mort par hemorrhagie, 504, 514 à 517 ; — comparaison de ces deux genres de mort au point de vue du nerf sensitif, 518 à 520, 531, 532. — Explication des phénomènes de la fièvre, 534 à 536. — Il n'y a pas de nerfs trophiques ; mécanisme des sécrétions, 623 à 628. — Quelle est l'action intime du curare ? Le nerf moteur est-il mort quand il est sous l'influence de ce poison ? 634 à 638. — Circonstances favorables ou contraires à l'action du curare, 638 à 650. — Il n'agirait pas exclusivement sur les nerfs moteurs, 215 ; — ses effets se rapprochent quelquefois de ceux de la strychnine, 216 ; — n'agit guère sur les mollusques, 593.
Curarine. Principe actif du curare ; — présente les mêmes propriétés physiologiques, 370, 371 ; — premiers essais faits pour l'isoler, 369, 370 ; — son extraction par M. Preyer, 438 à 440 ; — comparaison de ses effets avec ceux du curare, 449 à 451.
Cuvier. Ses travaux et sa classification du règne animal, 383, 385, 387, 388 ; — repousse l'idée de série animale, 254.
Cyanhydrique (Acide), 856.
Cyanogène, 629, 856.
Cyclostomes (Poissons); leur encéphale, 658.
Cysticerque, 88.

D

Daremberg. Ouverture et plan de son cours, 55.
Darwin. Son système sur la transmutation des espèces, 255, 812.
Dax (Le docteur). Ses observations d'aphasie, 17.
Décomposition des corps, est semblable à l'ébullition, 20, 21 ; — peut s'opérer partiellement en dessous de la température de dissociation, 21.
Décomposition des substances minérales ou organiques : dégagement ou absorption de chaleur qui l'accompagnent, 473 à 479, 495 à 503.
Delpech. Son éloge historique par M. Béclard, 33.
Densités anormales, 70, 71.
Desnoyers. Ses recherches sur l'homme à l'époque tertiaire, 670.
Diabète considéré comme hypersécrétion du foie, 246 à 248 ; — moyen de le produire artificiellement, 42.
Diamant, 851, 852.
Digestifs (Organes). Leur influence sur la chaleur du sang qui les traverse, 844 à 846.
Digestives (Sécrétions). Rôle des actions réflexes dans leur production, 30 à 32 ; — influence des liquides présentant une réaction opposée à la leur, 31.
Dissections, défendues par les papes, 555.
Dissociation (Phénomènes de), 18 à 23.
Dissolution. Ses lois, 49.
Dissolutions salines sursaturées, causes de leur cristallisation, 357, 409, 524, 665.
Dithionique (Acide). Voy. *Hyposulfurique* (*Acide*).
Diurétiques. Explication des actions diurétiques par M. Poiseuille, 449, 450 ; — effets diurétiques du curare, 450.
Drummond (Lumière de), 389.
Dualistique (Système) en chimie, 628 à 630.
Duchartre. Son mémoire sur le développement des bourgeons, 341.
Dutrochet. Ses expériences sur la direction des diverses parties des plantes, surtout les racines, 6 et 7.

E

Eau. Son analyse et sa synthèse ; — sa constitution ; — sa décomposition ; — son rôle dans les combinaisons ; — ses propriétés comme dissolvant ; — ses fonctions dans les êtres organisés, 134 à 138 ; — sa décomposition par le platine incandescent, 18 ; — en présence de l'argent en fusion, 18, 19 ; — en présence de la litharge en vapeur, 19 ; — son importance chez les êtres vivants, 809, 810 ; — eau contenue dans le sang, 846, 847 ; — nécessaire à la germination, 826.
Ébullition de l'eau. Ses lois, retards qu'elle peut éprouver, 59 à 61.
Écailles, 132.
Échinodermes, leur système nerveux, 545.
Éclairage au gaz, 82 à 84.
Éclairage de Paris, 82 ; — ce qu'il était au XVIIIe siècle, 537.
Ehrenberg. Sa classification du règne animal, 353.
Élasticité (De l'), 5 et 6.
Électricité, son influence sur la germination, 828 ; — atmosphérique. Voy. *Atmosphérique* (*Électricité*).
Électriques (Moteurs), 188.
Embryon végétal, son développement, 825, 826.
Empirisme médical. Son insuffisance, 330.
Émotion. Son mécanisme, 319.
Encéphale, mouvements provoqués par la blessure d'une de ses moitiés, 410 à 413.
Endothermiques et Exothermiques (Réactions), 547 à 549, 564 à 568, 577 à 581.
Envie, au point de vue de la physionomie, 177.
Épeires, 282.
Épiderme des végétaux, 131.
Épines, 132.
Équivalence calorifique des transformations chimiques, 460, 461.
Équivalents chimiques des corps, 113, 114.
Érudition médicale. Pourquoi elle est peu en faveur parmi les médecins, 291.
Espèce humaine, son unité, 342 à 347, 538 à 541 et tout le cours de M. de Quatrefages, 581, 601, 618, 649, 666, 695, 705, 724, 730, 733, 767, 777, 804, 812.
Espèce, sa définition, 582, 583.
Espèces. Théorie de la mutabilité des espèces (de Darwin), 255.
Esprit. Propriété nécessairement liée à l'organisme de l'homme, 701, 702.
Étain. Sa réduction, 374.
Étendue (De l') comme propriété des corps, 4.
Éther ordinaire. Historique de sa découverte, 249 à 251 ; — arrête la germination, 828.
Éthers. Chaleur dégagée dans leur formation, 688 à 691.
Éthers composés, 56, 158, 159, 251, 252, 321 à 324, 364 à 369.
Éthiopique ou Nègre (Race), 342.
Étoiles. Appréciation de leur éloignement de la terre, 395, 396, 397.

Digitized by Google

Étoiles filantes, 289, 305, 306.
Étonnement. Au point de vue de la physionomie, 175.
Excito-Motrice (Force), 13.
Excrétions, 811, 812.
Exothermiques et Endothermiques (Réactions), 547 à 549, 564 à 568, 577 à 581.
Expectation médicale, premier pas scientifique de la médecine, commence à Hippocrate, 72, 328.
Expériences qui ne réussissent pas, plus instructives que les autres, 140.
Expérimentale (Médecine). Voy. *Médecine expérimentale.*
Expérimentale (Méthode), 336 à 340.
Expérimentation en médecine, 73.

F

Fabrice d'Acquapendente, découvre les valvules des veines, 573.
Facultés cérébrales. Voy. *Cérébrales* (Facultés).
Faivre. Son travail relatif à l'action de l'absinthe, de la balsamite et de la tanaisie sur les insectes, 2.
Faraday, 187.
Fécondation, lieu où elle s'opère, 80 à 82.
Fécondation artificielle, 80.
Fécule, 8, 645.
Fermentations, 199 à 202, 783 à 788.
Fer. Sa réduction par l'hydrogène, 375.
Feuilles, 287, 288. — Leurs fonctions, 373.
Feu, 207 à 213.
Feux. Comme moyen de destruction des papillons de noctuelles, 686, 687.
Fibres végétales, 8.
Fibrine, 756; — son rôle dans le sang, 847, 848.
Flamme, 210, 211.
Fluor, 828, 821.
Fluorhydrique (Acide), 821, 822.
Foie. Considéré comme organe producteur du sucre, 246 à 248; — la production de la matière glycogène ne peut avoir lieu que pendant la vie, mais sa transformation en sucre a lieu également après la mort, 248.
Fonctions vitales. Leur classification, d'après Bichat, 331, 332.
Forces chimiques, 49; — catalytiques, 50.
Fossile. Ce qu'on doit appeler de ce nom, 258.
Fossile (L'homme). Voy. *Homme fossile.*
Fourmis. Leurs instincts, 748.
Fou-sang, nom chinois de l'Amérique, 768 à 770.

G

Gaîne des feuilles, 287.
Gales. Nom que les marins donnent aux méduses, 87, 88.
Galien, 294; — ses idées sur le sang, 570, 571
Ganglionnaire (Chaîne), chez les annélides, 608 à 610.
Gastéropodes. Leur système nerveux splanchnique, 591.
Gaz. Leur dissolution dans les liquides, 408.
Gaz d'éclairage. Son histoire, sa combustion, sa fabrication, son épuration, les moyens d'augmenter sa lumière, 82 à 84.
Générations spontanées. Rapport et discussion à l'Académie des sciences sur cette question, 205 à 207; — l'hétérogénie, 226 à 239, 697.
Geoffroy Saint-Hilaire (Étienne). Sa théorie de l'unité de plan de composition des animaux, 254, 255.
Géographiques (Rapports). Leur importance au point de vue des migrations humaines, 695, 696.
Géologie. Son objet, opinion qu'on s'en fait, son caractère, son historique, son importance, nécessité de l'introduire dans l'enseignement secondaire, 358 à 364.
Gérard de Crémone; traducteur des traités de chirurgie des Arabes, 295.
Germination, 825 à 831.
Glaciaire (Période). Sa cause, 494, 495.
Glandes. Entrent en sécrétion sous l'influence de la paralysie des nerfs vaso-moteurs qui s'y rendent, 245, 246.
Glandes des végétaux, 132.
Glands de mer ou bolanes, 86, 87.
Globe terrestre. Sa physique générale, 695, 696, 705.
Globules du sang. Leurs dimensions, 4.
Gluten, 756, 757, 759.
Glycose, 646, 716, 717.
Gommes, 645.
Graines, absorbent de l'oxygène en germant et dégagent de l'acide carbonique, 826; — conservent quelquefois très-longtemps leur facullé germinative, 830; — influence de leur degré de maturité, 830.
Graisse. Sa production par les animaux, 39.
Grand sympathique, 541, 544, 680; — son empoisonnement par le *curare*, 404 à 407 et 532 à 537; — ne doit pas être séparé du système cérébro-spinal, comme un élément histologique distinct, 406, 407; — chez les oiseaux, 737; — chez les annelés, 610, 611. Voy. *Sympathique (Grand).*
Graphite ou plombagine, 852.
Gratiolet. Sa vie et ses travaux scientifiques, 189, 190, 207.
Greffe animale, 745.
Grenouilles. Sont empoisonnées par les sucs digestifs et intestinaux des animaux supérieurs, 157; — ainsi que par leurs urines 181.
Guy de Chauliac, chirurgien (xiv^e siècle), 296, 553 à 564.
Gui-Patin. Nie la circulation du sang, 576.

H

Haîne, au point de vue de la physionomie, 175.
Halle (L'école de), 306 à 314.
Halley, en relation avec Newton, fait imprimer son grand ouvrage à ses frais, 194.
Harvey, 569 à 577.
Hauy. Ses travaux minéralogiques, 10.
Hématoïdes (Infusoires), 832.
Herschel, 394.
Herschel I. Sa théorie physique du soleil, 146, 394.
Herschel II. Ses idées sur la constitution physique du soleil, 146 et 147.
Hétérogénie. Voy. *Générations spontanées.*
Hétéropie des tissus, 303.
Hibernation; son influence sur la coloration et la constitution du sang, 836, 837.
Hippocrate, 293.
Hoffman (Frédéric), 306 à 308, 314.
Holothuries. Leur système nerveux, 545.
Homme antéhistorique, 649 à 653, 666 à 671.
Homme à l'époque tertiaire, d'après les idees de M. Desnoyers, 669, 670.
Homme fossile, 258 à 270.
Homme primitif, 812 à 816.
Homme sauvage, 633.
Homme. Son antiquité. Voy. *Homme antéhistorique, Homme fossile.* — Son cantonnement primitif, 620, 621.
Hooke (Robert). Contradicteur de Newton, 193.
Hottentote boschimane (Race), 343.
Houzouana (Race), 815, 816.
Humaine (Espèce). Voy. *Espèce humaine.*
Humérus. Cas de reproduction de cet os, par le périoste à la suite d'une opération chirurgicale, 358.
Humeurs (Histologie). Leur constitution, 26.
Huxley. Sa classification du règne animal, 386, 387.
Huyghens, méconnaît les travaux de Newton, 195.
Hydraires, n'ont pas de système nerveux, 544.
Hydrates de carbone dans les végétaux, leurs transformations, 643 à 648, 714 à 718.
Hydre d'eau douce, 229.
Hydrogène, 388 à 390; — son application à la réduction des métaux, 375 à 378; — température de sa combinaison avec l'oxygène, 20; — chaleur dégagée par sa combustion, 612; — quantités contenues dans les végétaux, 598.
Hydrogène arsénié, 849.
Hydrogène (Bisulfure d'), 723.
Hydrogène (Carbures d'), 854, 855.
Hydrogène (Phosphures d'), 839, 840.
Hydrogene bicarboné. Importance de sa découverte dans l'histoire des théories de l'éther, 249, 250.
Hydrogènes carbonés, 56.
Hydrogènes phosphorés. Voy. *Hydrogène* (Phosphures d').
Hydrofluosilirique (Acide), 851.
Hyperboréennes (Races), 343.
Hypergénèse des tissus, 303.
Hypériodique (Acide).
Hypoazotique (Acide), 641.
Hypochloreux (Acide) 789.
Hypochlorique (Acide), 789.
Hypophosphoreux (Acide), 839.
Hypophosphorique ou Phosphatique (Acide), 839.
Hyposulfureux (Acide), 721, 722.
Hyposulfurique (Acide), 712.

I

Imagination. Au point de vue de la physionomie, 172.
Incertitude. Au point de vue de la physionomie, 176.
Individualité dans la nature, 794 à 804.
Individuel (Développement). Ses rapports avec la production d'individus nouveaux, 801.
Individu végétal, 797, 798.
Induction (Courants d'), 187.
Industrie de la soie, 278.
Industrie primitive, 261 à 267.
Infusoires. N'ont pas de milieu organique propre, 334; — n'ont pas de système nerveux, 544.
Instinct. Se distingue de l'intelligence, 746, 749.
Instinct des animaux, 746 à 749.
Intelligence des animaux, 35, 749; — est elle la même que celle de l'homme, 749 à 751.
Invertébrés. Leur organisation générale comparee à celle des vertébrés, 142 à 145.
Investigation (De la méthode d'), dans les re-

Digitized by Google

cherches de médecine expérimentale, 105 à 107.
Iode, 807, 808, 816, 817.
Iodhydrique (Acide), 818, 819.
Iodique (Acide), 818.
Iodures. Voy. *au nom particulier de chaque iodure.*
Iris (Mouvements réflexes de l'), 13.
Isomorphisme, 50.

J

Jaune ou Mongolique (Race), 342.
Joie au point de vue de la physionomie, 175.
Juncella elongata, 447.
Justinien. Il fait élever les premiers vers à soie en Europe.

K

Keller. Ses travaux sur les habitations lacustres de la Suisse, 652. Voy. *Lacustres.*
Kingsmill (Archipel des). Histoire de son peuplement, 731, 732.
Kjoekkenmoeddings, 651, 260, 262.

L

Lacunes, 131.
Lacustres (Habitations et sites), 261, 262.
Lamark. Sa classification du règne animal, 385.
Lampe philosophale, 389.
Lanfranc, chirurgien (xiii^e siècle), 296, 556.
Langage du geste, est métaphorique, 173 à 176.
Langage physionomique, ses règles, 167.
La Peyrère. Son système sur les préadamites, 602.
Lartet. Ses recherches sur l'homme fossile, 668, 669.
Lavater, 166.
Lavoisier, 537, 538.
Lebon (Philippe). Inventeurs de l'éclairage au gaz, 82.
Légumine. Voy. *Caséine.*
Lélut. Son rapport sur des observations d'aphasie, 17, 18.
Leibnitz. Méconnait les travaux de Newton, 195; — soutient l'idée d'une série animale, 253.
Lenoir. Sa machine à gaz, 211, 212.
Lenticelles, 132.
Limbe des feuilles, 287.
Linné. Sa classification du règne animal, 353 à 355.
Liquides. Leur conversion en vapeurs, 57 à 63.
Liquides chez les êtres vivants; leur nécessité, 333; — leurs diverses espèces, 333 a à 336; — nécessité de leur renouvellement, 344; — leur classification et leurs caractères généraux, 809 à 812.
Liquides propres des élements organiques, 333.
Locke. Effet que produit sur lui la lecture des ouvrages de Newton, 195.
Louis (Antoine), 290 à 299.
Lumière. Son influence sur la vie, 698 à 705; — sur la respiration, 700, 701; — sur la germination, 829, 830.
Lune. Est-elle habitée? A-t-elle une atmosphère, 727, 728.
Lymphe, 831.
Lymphe plastique, 832.
Lymphatique (Système), ses communications avec le système sanguin, 831, 832.

M

Magnésie. Quantités contenues dans les végétaux, 596, 597.
Magnésium. Sa réduction, 376.
Magnétisme, 185, à 188.
Maladies. Leur production artificielle, comme moyen d'étude, 74, 101; — guérissent souvent sans que les remèdes y soient pour rien, 328.
Malaise (Race), 342.
Malpighi. Découvre les vaisseaux capillaires,
Malpighiacées. Leurs tiges, 256.
Mammifères. Leurs systèmes nerveux, 738 à 740.
Marins (Courants). Voy. *Courants marins.*
Marsigli. Ses opinions sur le corail, 551.
Matérialisme, 702, 703; — matérialisme et spiritualisme en médecine, 89 à 93.
Moutarde noire (Essence de); son action sur la germination, 828.
Mayer. Ses idées sur l'origine de la chaleur solaire, 147.
Médecine, prise comme art non comme science, 291, 292; elle n'est pas un art, 103, 104. Opinions qu'on s'en fait dans le monde, 290.
Médecine expérimentale, sa définition et son caractère par opposition, la médecine d'observation pure, 71 à 75.
Médecins. 290, 291.
Médicale (Érudition). Voy. *Érudition médicale.*
Méduses. 87, 88; leur système nerveux, 545.
Ménispermées. Leurs tiges, 256.
Mentales (Maladies). Ouverture du cours de M. Lasègue, 32.
Métaphores. Du geste, 173 à 176.
Métaux. Méthodes générales de réduction, 374 à 378.
Méthode expérimentale, 336 à 340.
Méthylique (Alcool), 418 à 421.
Migrations humaines, 670, 671, 695, 696, 705 à 709, 724 à 727, 730 à 736, 767 à 773.
Miliena, chez les êtres vivants; miliena cosmique général; miliena intérieure, 331 à 336.
Minéraux. Quantité existante dans les diverses parties des végétaux, 594, 595.
Milieu intérieur comme champ d'action de la médecine experimentale, 102 à 105.
Minéralogie (son histoire), 9 et 10; — son utilité et la manière de l'étudier, 10.
Moelle allongee. Voy. *Bulbe rachidien.*
Moelle épinière, envisagée comme organe de transmission, 127 à 131; — excitabilité de ses diverses parties, 107 à 111; — effets des lésions de cet organe, 214, 215.
Moisissures, 200, 202.
Moléculaire (Attraction), 96.
Moléculaires (Changements), sous l'influence de la chaleur et de la lumière, 98, 99.
Moléculaire (Constitution) des corps, 3.
Mollusques. Leur système nerveux, 589 à 594; — restent insensibles à l'action du curare et de la strychnine, 593.
Mongolique (Race), 342.
Mologénisme et polygénisme, 343 à 347, 538 à 541, et le cours de M. de Quatrefages. (*Voir la table des noms d'auteurs*).
Mont Blanc. Danger des ascensions, 493.
Morales (Influences). Leur action sur certaines sécrétions, 30, 31.
Moteur (Nerf). Voy. *Nerf moteur.*
Moteurs électriques, 188.
Moulin-Quignon (La mâchoire de), 766 et suiv.
Mouvements. Sa transformation en chaleur, 494.
Mouvements chez les animaux, leur classification, 11.
Mouvements réflexes. Voy. *Réflexes* (*Mouvements*).
Mouvements réflexes (Centre des), 38.
Mouvements symboliques, 172.
Mouvements sympathiques, 171.
Mygale, 281.
Muscles distincts des nerfs. Théorie de Haller; les expériences de M. Cl. Bernard sur le curare la démontrent expérimentalement, 219, 220. — Diverses espèces de nerfs qu'ils reçoivent, 29.
Musculaire (Ton), 15. Son influence sur la coloration et la constitution du sang, 15.
Musculaires (Poissons), 215.
Musicaux (Sons), 282 à 287.
Mutabilité des espèces, 255.

N

Nébuleuses, 394 à 401.
Nectaires, 132.
Nègre ou étiopique (race), 342.
Nématocystes. 470.
Nématoïdes. Leur système nerveux, 606.
Nerf moteur. Son mode de naissance dans la moelle, 239, 488; — sa terminaison dans le muscle, 239, 240, 406, 488; c'est là seulement qu'il est atteint par le curare, 219, 220, 223, 224; — il peut conserver encore son irritabilité électrique, lorsque l'influence de la volonté est déjà suspendue, 222, 223, 438, 637; — sous l'influence du curare, comme dans la mort par hémorrhagie, il perd d'abord ses propriétés par son extrémité médullaire, 383, 435 à 438 — comparaison de ces deux genres de mort, du nerf moteur, 504, 514 à 517. — Action intime du curare sur ce nerf, 634 à 638; — circonstances favorables oucontraires à cette action, 638, 640.
Nerf sensitif, n'est pas atteint par le curare, 220 à 222; — perd ses propriétés avant le nerf moteur dans la mort par hémorrhagie, 518 à 520, 531, 532.
Nerfs trophiques. Ce ne sont en réalité que des nerfs moteurs; leur mode d'action dans les sécrétions, 625 à 628.
Néron, s'occupe le premier de la décomposition de la lumière, 490.
Nervation des femelles, 287, 288.
Nerveux (système), se ramène à deux éléments, 11; — son influence sur la coloration et la constitution du sang, 15, 16, 836, 837; — son influence sur les phénomènes chimiques de l'organisme, 39 à 43.
Névroses. Leur traitement par les courants constants, 21 à 25, 46 à 48, 111 à 113, 159 à 161.
Newton. Sa vie et ses travaux, 190 à 199.
Nez. Ses mouvements au point de vue de la physionomie. 169.
Noctua exclamationis. Voy. *Noctua segetum.*
Noctua segetum ou exclamationis, ses ravages dans les cultures de betteraves du nord de la France, 521, 522, 681 à 688.
Noeud vital, 300 à 302.
Noir animal, 853.
Noir de fumée, 853.
Nomenclature chimique, 51, 52.

Digitized by Google

Nouvelle-Zélande. Histoire de son peuple par migrations, 724 à 727.
Nutrition végétale, sa théorie chimique, 717, 718.

O

Œil. Ses mouvements et ceux des parties voisines, au point de vue de la physionomie, 168.
Oiseaux. Leur système nerveux, 736 à 738.
Oken. Sa classification du règne animal, 363.
Oléfiant (gaz). Voy. *Hydrogène bicarboné.*
Olivier de Serres. Son rôle dans l'introduction du ver à soie en France, 276.
Omphalosites (Monstres). Leur origine et leur mode de formation, 552.
Oogenèse, oozoïte, 448.
Or. Séparation de ses pepites, 374; — se trouve partout, 490, 491.
Oreille. Ses mouvements dans leurs rapports avec la physionomie, 168, 169.
Organes et éléments. Leur distinction, 219.
Organiques (Corps). Voy. *Corps organiques.*
Organisme. Classification et caractères généraux des liquides qu'il contient, 809 à 812; — comparé à une république dont les éléments seraient concitoyens, 356.
Orgueil, au point de vue de la physionomie, 177.
Ornithorhynque, 254.
Orphée. Ce qu'il dit du corail, 550.
Ossena (Poissons). Voy. *Poissons osseux.*
Oxydes. Voy. au nom particulier de chaque oxyde.
Oxyde de carbone. Mécanisme de l'empoisonnement produit par ce gaz, 488; — Voy. *Carbone (oxyde de).*
Oxygène. 114 à 116, 511; — température de sa combinaison avec l'hydrogène, 20. — Oxygène électrisé, 425, 426, sa polarisation par les combustions, 429, 430. — Quantités contenues dans les végétaux, 598. — Son dégagement par les plantes sous l'influence de la lumière, 698, 699. — Son action sur le sang, 762 à 767. — San rôle dans la germination, 826, 827.
Ozone et antozone, 116, 426 à 431, 763 à 767.

P

Panspermie. Voy. *Générations spontanées.*
Paragénie de la lumière, 489, 490.
Paralysants (Mouvements réflexes), 37; — leur rôle dans les sécrétions, 36 à 36.
Parasite, comme propriété des corps, 5.
Paré (Ambroise), 297.
Pathologie générale. Programme du cours de M. Axenfeld, 68, 99.
Paulistas, 806.
Pêche du corail, 585 à 588.
Perchlorique (Acide), 788, 789.
Pesanteur, 3.
Pesanteur de l'air, ses effets, 506 à 508.
Peste noire, épidémie de 1348, racontée par Guy de Chauliac, 563.
Pétiole, 287.
Petit, chirurgien, 297, 298.
Pétrarque, ennemi de Guy de Chauliac, 556, 557.
Pétramyzon planari, espèce de lamproie, 87. Voy. *Ammocètes branchiales.*
Peyssonnel découvre la nature animale du corail, 551, 552.
Phares électriques, 188.
Phoques du lac Baïkal, possibilité de les acclimater à Paris, 493.
Phosphore, 822 à 824.
Phosphore (Perchlorure de), 848.
Phosphore (Protochlorure de), 848.
Phosphorés (Hydrogènes). Voy. *Hydrogène (Phosphure d').*
Phosphorique (Acide), 837 à 839; — quantités contenues dans les végétaux, 596.
Phosphoreux (Acide), 839.
Photographie. Son historique, ses procédés et ses applications, 118 à 121, 491.
Phyllotaxie, 288.
Physionomie, 165 à 179.
Physique générale du globe, 695, 696, 705.
Physiques (Phénomènes), 48; — chez les êtres vivants, 407, 408.
Plastique (Lymphe). Voy. *Lymphe plastique.*
Plombagine ou graphite, 852.
Poils, 132.
Pointat. Son avis sur le mérite de Newton, 190, 191.
Poisons considérés comme des instruments d'analyse physiologique perfectionnés, 487, 488.
Poisons d'origine animale; on ne peut dire d'une manière générale qu'ils ne sont pas toxiques dans les voies digestives, 153.
Poisons musculaires. Voy. *Musculaires (Poisons).*
Poissons. Leur système nerveux, 653 à 659.
Poissons osseux. Leur encéphale, 654, 655.
Polygénisme et monogénisme. 343 à 347, et le cours de M. de Quatrefages (Voy. la table des auteurs).
Polymorphisme, 50.
Polynésiennes (Migrations), 705, 709, 724, 727, 730 et 733.
Polynésiennes (Races), 343.
Polype, polypier, 448.
Potasse. Quantités contenues dans les végétaux, 596, 597.
Potassium. Sa réduction, 378; — expériences de Gay-Lussac et Thénard relativement à sa fabrication, 18.
Poulaillers ambulants comme moyen de destruction des chenilles de noctuelle, 686.
Préadamites, 602.
Préoccupation au point de vue de la physionomie, 172, 173.
Pression atmosphérique. Voy. *Atmosphérique (Pression).*
Prière, au point de vue de la physionomie, 175, 176.
Primitifs (Hommes). Voy. *Homme primitif.*
Primitive (Industrie). Voy. *Industrie primitive.*
Primitives (Races), 267 à 269.
Principe vital, 302.
Printemps. Sa végétation, 390 à 392.
Propagation des plantes, leurs divers modes, 801, 802.
Proportions définies (Lois des), 50.
Proportions multiples (Loi des), 50, 51.
Prussique (Acide), 856.
Pucerons, troupeaux des fourmis, 748.
Puissance de l'homme; se mesure par l'espace qu'il parcourt en un temps donné, 54, 55.

Q

Quinquina. Origine de son emploi contre la fièvre, 329, 330.

R

Races humaines. Voy. au nom particulier de chaque race.
Races végétales, 801, 802.
Rachidien (Bulbe). Voy. *Bulbe rachidien.*
Racines. Leur structure, leurs variétés et leurs fonctions, 202, 203.
Radicaux métalliques composés dérivés des alcools, 57.
Radicaux composés, jouant le rôle de corps simples, 629, 630.
Réactions chimiques; causes du dégagement de chaleur qu'elles provoquent, 459, 460.
Réaumur. Son opinion sur le corail, 550, 551.
Réduction des métaux, méthodes employées pour la produire, 374 à 378.
Réflexes (Mouvements), leur définition, 11; — les conditions de leur production, 11; — leur étendue, 11; — leur opposition avec les mouvements directs, 11; — l'influence qu'ils subissent de la part du cerveau, 12, — leur centre modérateur, 12; — leurs diverses espèces, 13, 14; — leur propagation croisée ou non-croisée, 14; — leur persistance, 15; — leur division, 29; leur rôle dans les phénomènes chimiques et mécaniques de la digestion, 30 à 32. Voy. *Action réflexe.*
Régénération des tissus organisés, 302, 303.
Règne animal, ses diverses classifications, 352, 355 à 382 à 388.
Règnes humains d'après Agassiz, 618, 619.
Règne végétal, son développement, 803.
Remak (de Berlin). Ses conférences à l'hôpital de la Charité de Paris, 16; — son appareil pour l'application du courant constant au traitement des névroses, 24; — sa mort, 665.
Reproduction du corail, 483 à 486.
Reptiles et batraciens, leur système nerveux, 678, 680, 719, 721.
Respiration. Son influence sur la constitution de l'atmosphère, 511 à 514.
Respiratoire (Mécanisme); part qu'y prend le bulbe rachidien, 272.
Ressemblances (Principe des), en matière de physionomie, 165, 166.
Réviviscence. Animaux inférieurs présentant cette propriété, 334, 335.
Rhizome. Tige souterraine de certains végétaux, 204.
Rhizopodes, n'ont pas de système nerveux; ont-ils des instincts? 544.
Riolan, contradicteur de Harvey à propos de la circulation du sang, 575.
Romé de Lisle. Ses travaux minéralogiques, 10.
Rotateur. Leur système nerveux, 605.
Rotifères. Leur réviviscence, 333, 335.

S

Saignée. Son influence sur la rapidité de l'empoisonnement par le curare, 140.
Sandwich (îles). Leur peuplement. 727.
Sang, 811 à 812, 832 à 837, 842 à 848. — Son influence sur les propriétés des centres nerveux, 217; — des injections de ce liquide peuvent faire renaître les manifestations vitales dans les membres séparés du tronc, même dans la tête, 217, 218. — Sa circulation, 570 à 577. — Idées de Galien, 570, 571. — Action de l'oxygène, 762 à 767.
Sang de rate. Voy. *Charbon.*
Sarcosome, 448, 471.
Sapindacées. Leurs tiges, 256.
Scandinaves. Leurs relations avec l'Amérique du Nord, avant Christophe Colomb, 772, 773.

Digitized by Google

Sciences. Leur passé et leur avenir, 53, 54. 55.
Sclérites. Voy. *Spicules*.
Sécrétions internes et externes, 841, 842. Elles sont produites par la paralysie des nerfs vaso-moteurs des glandes, 245, 246. Leur mécanisme, 36 à 38.
Sélaciens (Poissons). Leur encéphale, 657.
Sélénium, 723, 724.
Sels. Quantité de divers sels contenus dans les végétaux, 595 à 598.
Sensation. Sentiment au point de vue de la physionomie, 170, 171.
Sensitif (Nerf). Voy. *Nerf sensitif*.
Sentiments. Leur siége est dans le cerveau, dans la substance grise, 479, 480.
Série animale, 252 à 255.
Sérosité, 832.
Sertulariens. Voy. *Méduses*.
Servet a connu la petite circulation du sang, 571, 572.
Sexes. Lois générales de leur procréation, 393.
Shakespeare n'a pas découvert la grande circulation du sang. 573.
Siebold. Sa classification du règne animal, 386.
Silice ou acide silicique, 851. Quantités contenues dans les végétaux, 596.
Silice (Sesquioxyde de), 851.
Silicique (Acide), 851.
Silicium, 851.
Sirène, 283.
Sodium. Sa réduction, 378.
Soufre, 674 à 676.
Soufre (Chlorures de), 819.
Soie. Histoire de son introduction en Europe, sa production par ses vers et son commerce, 274 à 282.
Soleil. Sa constitution physique, théorie nouvelle, par M. Faye, 146 à 148. Ses défaillances, 493.
Solénoïdes, 187.
Son. Se transmet par l'air, 508, 509.
Son. Sa transmission, 284, 508, 509. Ses diverses qualités, 285. Variations de sa propagation, 285, 286.
Sons musicaux, 282 à 287.
Soude. Quantités contenues dans les vé - taux, 596, 597.
Sous-maxillaire (Expériences sur la glande), 37, 38.
Sous-œsophagiens (Ganglions), chez les Annelés, 610.
Spectrale (Analyse). Son application à l'étude chimique des astres, 490.
Spermatozoïdes. Leurs mouvements, 79; — leur pénétration à travers la membrane vitelline, 81, 82.
Sperme. Sa progression dans le vagin, 79.
Sphex. Leurs instincts, 35.
Sphincters. Leur contraction constante, 29. Persistance de cette contraction et phénomènes qui en résultent, 29, 30.
Spicules. Corpuscules calcaires du corail, 469.
Spontanées (Générations). Voy. *Générations spontanées*.
Stahl, 308 à 314.
Stipe. Tige des monocotylédones, 203.
Stipules, 132.
Stomates, 131.
Strychnine. Son mode d'action, 215, 216; ne produit pas la rupture des cellules de la moëlle épinière, 216. Comparaison de ses propriétés physiologiques avec celles du curare, 401 à 404. Son antagonisme prétendu avec le curare; il se réduit à une action diurétique de ce dernier corps, 463 à 469; n'agit guère sur les mollusques, 593.
Sturioniens (Poissons). Leur encéphale, 656, 657.
Substitutions (Théories des). Pour expliquer la constitution des corps organiques, 630, 631.
Suc blanc. Son rôle chez les mûriers, 358.
Succinique (Acide), 421.
Suçoirs, 132.
Sucre. Sa formation par les animaux, 39, 41, 42.
Sucres, 645, 646.
Sulfhydrique (Acide) 722, 723.
Sulfavinique (Acide), 322, 323.
Sulfuré (Hydrogène), 722, 723.
Sulfures. Voy. au nom particulier de chaque sulfure.
Sulfureux (Acide), 676 à 678.
Sulfurique (Acide), 709, 712.
Sursaturation, 97.
Sus-œsophagiens (Ganglions), chez les Annelés, 609.
Symboliques (Mouvements), au point de vue de la physionomie, 172.
Sympathique (Grand). Son action modératrice sur le système vasculaire, 40 à 42. Influence qu'il subit de la part du système cérébro-spinal, 40. Effets que produit sa section, 40. Constance de son action opposée à l'intermittence de l'action du système cérébro-spinal, 42. Voy. *Grand sympathique*.
Sympathiques (Cellules), dans la moelle épinière, 543.
Sympathiques (Mouvements), à propos de la physionomie, 171.
Syncope. Son mécanisme, 319.
Swammerdam. Ses idées sur le corail, 550.

## T

Tabac. Son usage est-il cause de l'augmentation du nombre des aliénés? 305.
Taches du soleil, 146.
Tahiti. Son peuplement, 727.
Tanaisie. Son action sur les insectes, Voy. 2.
Télégraphe électrique, 188, 491 à 493. Télégraphe sous-marin, 491, 492. Télégraphe transatlantique, 492, 493.
Tellure, 724.
Température du sang chez les animaux, 843 à 846.
Térébenthine (Essence de); arrête la germination, 828.
Tétanos. Son traitement par le curare, 466 à 468.
Tête peut, lorsqu'elle est séparée du tronc, recouvrer ses propriétés vitales sous l'influence d'injections sanguines convenables, 217, 218.
Texture des tissus organiques (Lois de la), 66 à 68.
Thérapeutique, 326 à 331.
Thoraciques (Ganglions), chez les Annelés, 610.
Tienna. C'est la même substance que le curare, 125 à 127.
Tiges des végétaux, 203, 204, 255, 256; — leur mode d'accroissement, 204.
Tissus (Histologie). Leurs caractères physiques et chimiques, 27 Leurs caractères organiques, 28. Leur classification, 28. Leur évolution embryogénique 302 à 304. Leur régénération, 302, 303; — classification de leurs propriétés, 332.
Toiles d'araignées, 281.
Tournefort, prend le corail pour une plante, 550.
Transatlantique (Télégraphe), 493, 494.
Transformations chimiques. Leur équivalence calorifique, 460, 461.
Transmission du son, 284, 286.
Transmission des excitations sensitives ou motrices à travers la moelle épinière, 127 à 131.
Trinchèse. Ses recherches sur les cellules nerveuses des mollusques, et la terminaison musculaire des fibres nerveuses, 591.
Tristesse, au point de vue de la physionomie, 175.
Tromperie, au point de vue de la physionomie, 177, 178.
Tronc, tige des dicotylédones, 203.
Trophiques (Nerfs). Voy. *Nerfs trophiques*.
Tumeurs. Leur formation, 303, 304.
Tuniciers Leur système nerveux, 590.
Tupaïa. Sa carte de la polynésie, 708.
Turbellariés. Leur système nerveux, 605.
Types en chimie, 631.

## U

Unitaire (Théorie), 631, 631.
Unité de l'espèce humaine. Voy. *Espèce humaine*.
Unité de plan de composition chez les animaux, théorie d'Etienne Geoffroy Saint-Hilaire; se ramène au fond à l'idée d'une série animale, 254, 255.

## V

Vaccine, 520.
Vaisseaux chez les végétaux; leurs diverses espèces, 8.
Van Baer. Sa classification du règne animal, 385.
Van Beneden. Sa classification du règne animal, 385, 386.
Vapeurs (Les densités de) 75 à 78.
Vaporisation, 67 à 63.
Vascularité (Lois de la), 66.
Vaso-moteurs (Nerfs). Les premiers atteints par le curare, 243; — la paralysie des nerfs vaso-moteurs des glandes est la cause de leur entrée en sécrétion, 245, 246; — la fièvre résulte aussi d'une paralysie des nerfs vaso-moteurs, 534 à 536.
Végétal. Sa formation par la combinaison des éléments organiques et minéraux, 594 à 598.
Végetal (Individu). Voy. *Individu végétal*.
Végétale (Activité). Ses produits transitoires, 643, 948, 724, 718, 755 et 760.
Végétale (Individualité), 796 à 804.
Végétale (Nutrition). Voy. *Nutrition végétale*.
Végétales (Races). Voy. *Races végétales*.
Végétaux. Leur constitution élémentaire comme machines de production, 521, 525.
Veines. Leurs communications directes avec les artères, 41.
Vella. Ses expériences sur l'antagonisme du curare et de la strychnine, 464, 465.
Venins de vipère, de crapaud, etc. Voy. ces mots.
Vents, 696.
Verdue, chirurgien, 297.

Digitized by Google

Vérité dans les sciences, ses caractères d'après Buffon, 360.
Vormes, 132.
Vers à soie. Leur maladie, 713.
Vers à soie. Leur structure et leur histoire, 276 à 278; — nouvelles espèces de *Bombyx* qu'on cherche à utiliser pour la production de la soie, 268, 279.
Vibratiles (Cils). Leur rôle dans la progression du sperme, 79.
Vie. Échange de matières entre l'intérieur et l'extérieur, 333, 334.
Vie et lumière, leur corrélation, 698 à 785.
Vins. Leur conservation, 374, 617.
Violette, 391.
Vipère. Son venin peut empoisonner les empoisonner elles-mêmes comme les autres animaux, 125, 126, 155.
Vitalisme, 309 à 314. Voy. *Principe vital.*
Vogt (de Genève); sa classification du règne animal, 353.
Voie lactée, 395 à 397.
Voyages des plantes, 391, 392.
Vrilles, 132.
Werner. Ses travaux minéralogiques, 9.
Wilson (de Glascow). Sa théorie physique du soleil, 146.

X

Xyloscope (Abeille). Son histoire et ses mœurs. 34, 35, 747, 748.

Z

Zinc. Sa réduction, 375, 376, 377.
Zoanthodème, 448.
Zoologie. Comment il faut l'étudier aujourd'hui, 86 à 89.
Zoonites, 144, 145.
Zoophytes. Leurs diverses classifications, 421 à 424; — leur organisation générale, 447 à 449; — leur système nerveux, 544 à 547.

Digitized by Google

# TABLE GÉNÉRALE

## DES MATIÈRES CONTENUES DANS LES DEUX PREMIÈRES ANNÉES

**Le chiffre I renvoie au volume de la première année, le chiffre II à celui de la seconde.**


### ASTRONOMIE.

État de l'astronomie moderne, constitution physique du soleil, par M. Leverrier, I. — Idées nouvelles sur la constitution physique du soleil, par M. Faye, II.— Les nébuleuses, par M. Briot, II.

### PHYSIQUE ET MÉTÉOROLOGIE.

Des divers états de la matière, par M. Jamin, I. — Cours de physique appliquée aux arts, par M. Edmond Becquerel, I. — De l'air et de son rôle dans la nature, par M. Riche, II. — De l'air au point de vue de la physique du globe et de l'hygiène, par M. Barral, I. — Historique de l'aérostation, des aérostats, par Barral, I. — Conversion des liquides en vapeur, par M. Bomtan, II. — Les dissociations par M. H. Sainte-Claire Deville, II. — Le feu, par M. Troost, II. — Effets mécaniques de la chaleur par M. Cazin, II. — Étude des sons musicaux, par M. Lissojoux, II.— L'aimant, par M. Jamin, II. — La photographie, par M. Fernet, II. — Intervention des forces physiques dans les phénomènes de la nature organique ou inorganique, cours, par M. Becquerel, père, II. — Application du courant constant au traitement des névroses, conférence de physique médicale, par M. Remak (de Berlin), II. — Électricité atmosphérique, par M. Polinieri, II. — Les courants marins, par M. Burat, I.

### GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

Histoire de la minéralogie, par M. Daubrée, II. — Progrès de la géologie, par M. Hébert, II. — Formation de la croûte solide du globe, par M. Hébert, I. — Discours sur des questions récentes en géologie, par sir Charles Lyell, I. — La géologie de l'Auvergne, par M. Lecoq, II. — Paléontologie, cours de M. d'Archiac sur la faune quaternaire, I.

### CHIMIE.

Utilité d'un laboratoire public de chimie, par M. Rémy, I. — Propriétés générales des corps, par M. Balard, I. — Leçons sur les généralités de la chimie, par M. S de Luca, I. — Cours complet et développé sur les métalloïdes, par M. Riche, II. — Action de l'oxygène sur le sang, par M. Schoenbey, I. — L'air et son rôle dans la nature, par M. Riche, II. — L'eau, par M. Wurtz, II. — L'éclairage au gaz, par M. Payen. — Les dissolutions par M. Balard, I. — Des causes de la cristallisation subite des dissolutions sursaturées, par M. Charles Violette, II. — La dialyse, par M. Balard, I. — Les dissociations, par M. H. Sainte-Claire Deville, II. — Les densités de vapeur, par M. H. Sainte-Claire Deville, II. — Les spectres chimiques, par M. S. de Luca, I. — Lois de constitution des sels par H. Sainte-Claire Deville, I. — Méthode générale de réduction des métaux, par M. H. Sainte-Claire Deville, II. — L'aluminium, par M. H. Sainte-Claire Deville, I. — La combustion, par M. Wurtz, I. — Histoire des alcools et des éthers, par M. Berthelot, II. — Du rôle de la chaleur dans la formation des combinaisons organiques, par M. Berthelot, II. — Programme du cours de chimie, par M. Wurtz, II. — Des fermentations ou du rôle de quelques êtres microscopiques dans la nature, par M. Pasteur, II. — Chimie agricole, cours, par M. Boussingault, I. — Chimie appliquée aux arts, cours, par M. Peligot, I. — Chimie appliquée à l'industrie, cours, par M. Payen, I. — Physique végétale, cours, par M. Georges Ville, II et III. — Importance des travaux agricoles en France. par M. Hervé-Mangon, I.

### PHYSIOLOGIE.

Physiologie générale, cours de M. Claude Bernard en 1864, sur l'irritabilité ou propriété générale caractéristique des tissus vivants, l'élément contractile et l'élément nerveux, I et II. — Physiologie générale, cours de M. Claude Bernard en 1865, sur les liquides de l'organisme, et en particulier sur le sang, II et III. — Physiologie générale et comparée, cours de M. Vulpian, sur le système nerveux chez les animaux supérieurs et dans la série animale, I, et II. — Physiologie expérimentale, cours de Moleschott, de la méthode en physiologie, I. — Des limites de la nature humaine, I. — L'unité de la vie, I. — Vie et lumière, II. — Générations spontanées, du mode de formation des animaux et des générations spontanées, par M. Milne-Edwards, I. — Des générations spontanées, par M. Pasteur, I.— Les générations spontanées, par M. Ponchet, I. — L'hétérogénie, par M. N. Joly, II. — Le rapport fait à l'Académie sur les générations spontanées, II. — Médecine expérimentale, cours sur le curare considéré comme moyen d'investigation biologique, par M. Claude Bernard, II.

### EMBRYOGÉNIE ET ANATOMIE.

Embryogénie comparée, cours par M. Coste, II et III. — Caractères organiques des tissus, par M. Robin, I. — Du microscope et des autres moyens d'étude employés en anatomie générale, par M. Robin, I. — Ce qu'on doit entendre par organisation dans l'état actuel de la science, par M. Robin, I. — Histologie, le cours par M. Robin, I et II. — Origine et mode de formation des monstres omphalosites, par M. Dareste, II.

### ANTHROPOLOGIE.

L'homme et sa place dans la création, par M. Gratiolet, I. — L'homme et les singes, par M. Filippi, I. — De la physionomie et de la théorie des mouvements d'expressions, par M. Gratiolet, II. — Unité de l'espèce humaine, par M. Hollard, II — Cours d'anthropologie, par M. de Quatrefages, II. — Caractères généraux des races blanches, par M. de Quatrefages, II. — Cours d'histoire naturelle de l'homme, par M. Gustave Flourens, I. — L'homme fossile, les habitations lacustres et l'industrie primitive, par M. N. Joly, II.

### ZOOLOGIE.

Instinct et intelligence des animaux, par M. Milne-Edwards, II. — La physionomie, par M. Gratiolet, II. — L'homme et les singes, par M. Philippi, I. — Cours sur les poissons, par M. Duméril, I. — Histoire de la zoologie principalement au point de vue des animaux articulés, espèces utiles et nuisibles par M. E. Blanchard, I. — Cours sur les insectes, par M. Gratiolet, I. — Cours sur les zoophytes en général et en particulier sur le corail, par M. Lacaze-Duthiers, II. — Des sexes et de la génération chez les alcyonaires, par M. Lacaze-Duthiers, II. — Production de la soie et de quelques autres matières textiles fournies par les animaux, par M. E. Blanchard, II. — Des ravages produits dans les cultures de betterave du nord de la France, par la noctuelle des moissons, par M. E. Blanchard, II.

### BOTANIQUE.

Organographie végétale, par M. Chatin, I et II. — Le développement des végétaux, les racines, par M. Baillon, I. — De la végétation, par M. Boussingault, I. — Géologie agricole, par M. Boussingault, I. — La végétation du printemps, par M. Lecoq, II. — De l'individualité dans la nature, principalement au point de vue du règne végétal, par M. Nægeli, II. — Physique végétale par M. Georges Ville, II et III.

### MÉDECINE.

Pathologie générale, par M. Chauffard, I. — Programme du cours de pathologie générale, par M. Axenfeld, II. — Du matérialisme et du spiritualisme en médecine, par M. Hiffelsheim, II. — Barthez et le vitalisme, par M. Bouchut, I. — Histoire de la médecine et des doctrines médicales, par M. Bouchut, I. — Guy de Chauliac, par M. Follin. — Les chirurgiens érudits, Antoine Louis, par M. Verneuil. — Harvey, par M Béclard. — L'école de Halle, Frédéric Hoffman et Stahl, par M. Lasègue. — Médecine expérimentale, cours par M. Claude Bernard, II. — Hygiène, par M. Bouchardat, I. — Hygiène et physiologie, par M. Henri Favre, I. — De la thérapeutique, par M. Trousseau, II. — Maladies mentales, leçon d'ouverture, par M. Lasègue, I. — Application du courant constant au traitement des névroses, conférences, par M. Remak (de Berlin).

### HISTOIRE DES SCIENCES.

De la méthode expérimentale, par M. Matteucci, II. — Ouverture du cours d'histoire de la médecine, par M. Daremberg, II. — Histoire de la minéralogie, par M. Daubrée, II. — Progrès de la géologie, par M. Hébert, II. — Histoire de la médecine et des doctrines médicales, par M. Bouchut, I. Guy de Chauliac, par M. Follin, II. — Les chirurgiens érudits, Antoine Louis, par M. Verneuil, II. — Harvey, par M. Béclard. — L'école de Halle, Frédéric Hoffman et Stahl, par M. Lasègue, II. — Newton, sa vie et ses travaux, par M. Bertrand, II. — Étude sur Franklin, par M. Henri Favre, I. — Du génie scientifique de la Révolution, par M. Henri Favre, I. — Histoire des chemins de fer, par M. Perdonnet, I. — Revue orale du progrès, par M. Moigno, I. — Revue orale des sciences, par M. Babinet, II. — Passé et avenir des sciences, par M. Barral, II.


Paris. — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google